

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Výpočet a experimentální ověření vybraných charakteristik
osobního automobilu**

**Calculation and Experimental Verification of Selected Vehicle
Characteristics**

Student: Bc. David Pross

Vedoucí diplomové práce: Ing. et Ing. Michal Richtář

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Pross**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie

Specializace: 20 Silniční doprava

Téma: Výpočet a experimentální ověření vybraných charakteristik osobního automobilu
Calculation and Experimental Verification of Selected Vehicle Characteristics

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretický rozbor problému a výpočet vybraných dynamických charakteristik
3. Experimentální ověření charakteristik vybraného vozidla
4. Vyhodnocení měření
5. Zhodnocení a doporučení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Matějka, R.: Vozidla silniční dopravy I, Bratislava: ALFA Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7
Svoboda, J.: Teorie dopravních prostředků, Praha: ČVUT Praha, 2000, ISBN 80-01-01613-7
Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, Brno: Vlk, 2001
Vlk, F.: Motorová vozidla I, Brno: VUT Brno, 1989, ISBN 80-214-0038-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Richtář**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. et Ing. Michalovi Richtáři za jeho trpělivost, čas a ochotu poskytnout mi cenné rady k této práci. Dále děkuji zaměstnancům firmy ŠKODA AUTO a.s. za poskytnutá data. Také děkuji mé rodině a známým za poskytnutí zázemí, podporu a pomoc při studiu.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 19.5.2014



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že se s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvořená díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

19.5.2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. David Pross

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hlavní 61

747 06, Nové Sedlice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PROSS, D. *Výpočet a experimentální ověření vybraných charakteristik osobního automobilu*: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2014, 103 s. Vedoucí práce: Richtář, M.

Cílem diplomové práce je výpočet vybraných charakteristik osobního automobilu Škoda Superb, kde potřebná data pro výpočet poskytl výrobce, dále (je cílem) experimentálně ověřit a s pomocí vhodných nástrojů vyhodnotit charakteristiky vybraného vozidla. Výsledky měření na válcové zkušebně a následný výpočet vybraných charakteristik budou vyhodnoceny a srovnány s předchozími výpočty. Závěrečná část práce uvádí přínos a celkové zhodnocení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

PROSS, D. *Calculation and Experimental Verification of Selected Vehicle Characteristics*: Master Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2014, 103 p. Thesis head: Richtář, M.

The aim of the master thesis is the calculation of selected characteristics of a passenger car Škoda Superb where the necessary data for the calculation provided the producer, then the objective is to verify experimentally and using appropriate tools to evaluate the characteristics of the selected vehicle. Results of the measurements on the cylindrical testing and subsequent calculation of selected characteristics will be evaluated and compared with previous calculations. The final part of the work the benefits of and the total evaluation.

Obsah

1.	Úvod	11
2.	Teoretický rozbor problému a výpočet vybraných charakteristik	12
2.1.	Technický popis vozidla	12
2.2.	Výpočet charakteristik	13
3.	Experimentální měření točivého momentu motoru	42
3.1.	Metodika	42
3.1.1.	Zkušebna	42
3.1.1.1.	Komunikační pult s barevnou obrazovkou	43
3.1.1.2.	Dálkové ovládání komunikačního pultu	44
3.1.1.3.	Sada válců	45
3.1.1.4.	Dmýhací zařízení na studený vzduch	46
3.1.1.5.	Box rozhraní	46
3.1.1.6.	Tiskárna CITIZEN SWIFT 240+	48
3.1.1.7.	Odsávací systém	48
3.1.1.8.	Ventilační systém	49
3.1.2.	Podmínky při měření	50
3.1.3.	Příprava před měřením	50
3.1.4.	Postup měření	50
3.1.5.	Výsledky	52
4.	Vyhodnocení měření	56
4.1.	Statické nástroje pro vyhodnocení měření	56
4.1.1.	Standardní nejistota typu A	56
4.1.2.	Standardní nejistota typu B	58
4.1.3.	Kombinovaná standardní nejistota	59

4.2.	Zhodnocení	60
4.3.	Výpočet charakteristik	65
5.	Zhodnocení a doporučení	87
6.	Závěr	92
	Seznam obrázků	95
	Seznam tabulek	98
	Seznam použité literatury	102
	Přílohy	103

Seznam použitých značek

a	zrychlení vozidla
b	zpomalení vozidla
c_x	součinitel odporu vzduchu
DIN	označení normy (Deutsches Institut für Normung)
DMI	dolní mezní interval
ECE-R	označení směrnice (Economic Commission for Europe Regulation)
ES	Evropské společenství
F_k	hnací síla na kolech
f	součinitel odporu valení
G	tíha vozidla
g	tíhové zrychlení
HMI	horní mezní interval
ISO	označení normy (International Organisation for Standardization)
i_k	převodový poměr
i_0	stálý převod rozvodovky
M_{\max}	maximální točivý moment
$M_{P\max}$	točivý moment při maximálním výkonu
M_t	točivý moment motoru
m_c	hmotnost vozidla s řidičem a nákladem
n	otáčky motoru
$n_{M\max}$	otáčky při maximálním točivém momentu motoru
$n_{P\max}$	otáčky při maximálním výkonu motoru
n_1	počáteční otáčky motoru
n_{36}	koncové otáčky motoru
O_v	odpor vzduchu
P	výkon motoru

P_{\max}	maximální výkon motoru
p	měrná hnací síla
r	poloměr kola
S_c	celková plocha pod křivkou potřebná pro výpočet doby jízdy
S_o	plocha obdélníku pod křivkou potřebná pro výpočet doby jízdy
S_t	plocha trojúhelníku pod křivkou potřebná pro výpočet doby jízdy
S_x	čelní plocha vozidla
t_{50}	čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
t_{90}	čas potřebný k dosažení rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
t_{100}	čas potřebný k dosažení rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
t_{130}	čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$
V	rychlost vozidla v $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$
$V(t)$	časová charakteristika rychlosti
$V_{I\max}$	maximální rychlost na první převodový stupeň
$V_{II\max}$	maximální rychlost na druhý převodový stupeň
$V_{III\max}$	maximální rychlost na třetí převodový stupeň
$V_{IV\max}$	maximální rychlost na čtvrtý převodový stupeň
$V_{V\max}$	maximální rychlost na pátý převodový stupeň
v	rychlost vozidla v $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$x(t)$	časová charakteristika dráhy
x_{400}	doba potřebná k ujetí 400 m
x_{1000}	doba potřebná k ujetí 1000 m
δ_k	součinitel rotačních hmot
η	účinnost
Δt	časový interval dvou sousedních rychlostí
Δx	délkový interval dvou sousedních rychlostí

1. Úvod

Jeden z nejdůležitějších parametrů vozidla a parametrů pro výpočet dynamických charakteristik je považován výkon motoru, který určuje dynamické vlastnosti vozidla a tím i aktivní bezpečnost. Směrodatnými údaji o parametrech motoru vozidla jsou výrobcem uváděné hodnoty maximálního výkonu a jeho průběh v závislosti na otáčkách motoru. Abych zjistil, zda deklarované údaje uváděné výrobcem jsou opravdu stejné i ve skutečnosti, můžu si je ověřit několika způsoby. Proto se kromě jízdních zkoušek provádějí také specializované zkoušky ve vozidlových zkušebnách. Mohou se zde zjišťovat funkční, výkonové a brzdové vlastnosti automobilu. Principem je měření brzdného momentu, který znám nebo jsem schopen jej naměřit za pomoci měřicího zařízení a který působí proti neznámému točivému momentu motoru.

Cílem mé diplomové práce bude teoretický rozbor problému a výpočet zvolených dynamických charakteristik pomocí uvedených hodnot deklarovaných výrobcem. Poté experimentálně ověřím charakteristiky zvoleného vozidla ve válcové zkušebně Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, která je umístěna v Ostravě – Vítkovicích, v areálu Střední školy dopravní v Ostravě. Uvedu zde technický popis vozidla, popis prováděné zkoušky, válcové zkušebny a metodiku měření. Jako další provedu jeho vyhodnocení, kde uvedu chyby měření a jejich vyhodnocení, zhodnocení a výpočet dynamických charakteristik. Bude se jednat o vnější rychlostní charakteristiku P a $M_t(n)$, charakteristiku měrné hnací síly vozidla $p(V)$, charakteristiku zrychlení a (V) , vynesu kinematickou charakteristiku (pilový diagram), časovou charakteristiku rychlosti $V(t)$ a časovou charakteristiku dráhy $x(t)$. Z charakteristik určím hodnoty nejvyšší rychlosti vozidla, čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, čas potřebný k ujetí vzdálenosti 400 m a čas potřebný k ujetí vzdálenosti 1000 m . Následně srovnám vybrané dynamické a kinematické charakteristiky vypočtené z hodnot deklarovaných výrobcem s vybranými dynamickými a kinematickými charakteristikami vypočtenými z mnou naměřených hodnot. V předposledním bodě provedu zhodnocení a doporučení. Nakonec vše uvedu v závěru.

2. Teoretický rozbor problému a výpočet vybraných charakteristik

Důvodů, proč zjišťovat výkon motoru je hned několik. Určitý počet lidí si nechává zjistit výkon motoru proto, jen aby věděli, jaký výkon má ve skutečnosti jejich automobil. Jedni si ho nechávají zjistit před úpravou motoru a po jeho úpravě, aby věděli, jaký rozdíl výkonu jim změnila úprava motoru, či jednotlivých zařízení pro jeho funkci a další si ho nechávají zjistit proto, aby věděli, kolik má ve skutečnosti výkon automobil, které si kupují např. v autobazaru a zda odpovídá údajům, které uvádí prodávající. Na výkon motoru má vliv jeho stáří, jeho technický stav, dále kvalita používaného paliva, ale i kvalita a stav provozních kapalin. Staré zapalovací svíčky, či znečištěný vzduchový filtr mohou mít za následek, že výkon motoru může být mnohem menší, než ve skutečnosti je a snižuje se i pružnost motoru. Mě bude zajímat, proč zjišťovat výkon motoru, jak se budou lišit hodnoty automobilu udávané výrobcem od skutečných hodnot a to jak v kladném, tak i v záporném slova smyslu.

2.1. Technický popis vozidla

K provedení výpočtů a měření bylo použito vozidlo Škoda Superb 1.4TSI 92kW (obr. 1). Jedná se o osobní automobil, s pohonem předních kol, rozměrem pneumatik 205/55 R 16W a rozměrem kol $r = 316$ mm. Délka vozidla $l = 4838$ mm, šířka vozidla $c = 1817$ mm, rozvor vozidla $d = 2761$ mm, rozchod vozidla $e = 1545$ mm, výška vozidla $f = 1462$ mm. Motor je řadový čtyřválec, přeplňovaný turbodmychadlem, uložen vpředu napříč s kompresním poměrem 10:1, rozvodem DOHC, se zdvihovým objemem 1390 ccm, maximálním výkonem $P_{\max} = 92$ kW při 5000 otáčkách za minutu a maximálním točivém momentu $M_{\max} = 200$ N·m při 1500 – 4000 otáčkách za minutu. Maximální dovolené otáčky motoru $n_{\max} = 6500$ min⁻¹. Převodovka je manuální šestistupňová, s převodovými poměry na jednotlivé rychlostní stupně – I = 3,62, II = 1,95, III = 1,28, IV = 0,97, V = 0,78, VI = 0,65 a stálým převodem rozvodovky $I_0 = 4,35$. Součinitel vlivu rotujících hmot na jednotlivé převodové rychlostní stupně – $\delta_1 = 1,495$, $\delta_2 = 1,367$, $\delta_3 = 1,280$, $\delta_4 = 1,089$, $\delta_5 = 1,068$, $\delta_6 = 1,054$. Pohotovostní hmotnost vozidla je 1392 kg, užitečná hmotnost je 638 kg. Čelní plocha vozidla $S_x = 2,26$ m² a součinitel odporu vzduchu $c_x = 0,29$. Uváděná maximální rychlosti 205 km za hodinu. [1]



Obr. 1 – Škoda Superb

2.2. Výpočet charakteristik

Než začnu počítat charakteristiky zmíněné v úvodu, sestavím si do tabulek hodnoty dodané výrobcem (tab. 1 a 2) a hodnoty zjištěné (tab. 3).

Tab. 1 – hodnoty uváděné výrobcem

$c_x [-]$	$S_x [m^2]$	$\eta [-]$	$r [m]$	$m_c [kg]$	$i_o [-]$
0,29	2,26	0,9	0,316	1602	4,35

c_x – součinitel odporu vzduchu

S_x – čelní plocha vozidla

η – účinnost

r – poloměr kola

m_c – hmotnost vozidla s řidičem a nákladem

i_o – stálý převod rozvodovky

Tab. 2 – hodnoty uváděné výrobcem

Rychlostní stupeň	I	II	III	IV	V	VI
$i_k [-]$	3,62	1,95	1,28	0,97	0,78	0,65

i_k – převodový poměr

Tab. 3 – zjištěné hodnoty

Rychlostní stupeň	I	II	III	IV	V	VI
$\delta_k [-]$	1,495	1,367	1,280	1,089	1,068	1,054

δ_k – součinitel rotačních hmot

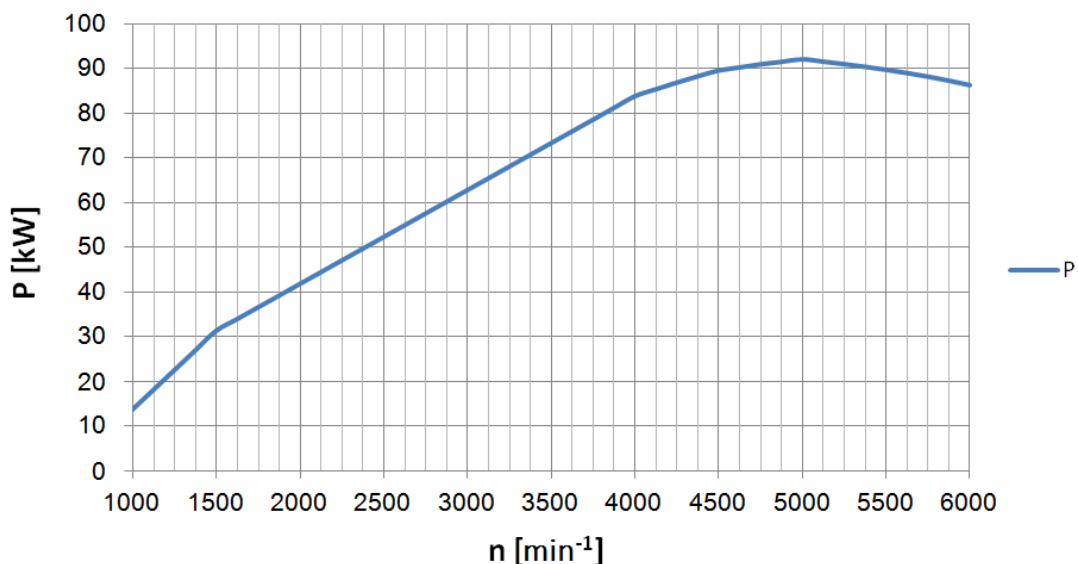
Z dodaných materiálů od ŠKODA AUTO a.s. vytvořím tabulku závislosti výkonu na otáčkách (tab. 4).

Tab. 4 – závislost výkonu na otáčkách

n [s^{-1}]	n [min^{-1}]	P [kW]	P _{max}
16,67	1000	13,61	
18,75	1125	18,02	
20,83	1250	22,43	
22,92	1375	26,84	
25,00	1500	31,25	
27,08	1625	33,88	
29,17	1750	36,50	
31,25	1875	39,13	
33,33	2000	41,75	
35,42	2125	44,38	
37,50	2250	47,00	
39,58	2375	49,63	
41,67	2500	52,25	
43,75	2625	54,88	
45,83	2750	57,50	
47,92	2875	60,13	
50,00	3000	62,75	
52,08	3125	65,38	
54,17	3250	68,00	
56,25	3375	70,63	
58,33	3500	73,25	
60,42	3625	75,88	
62,50	3750	78,50	
64,58	3875	81,13	
66,67	4000	83,75	
68,75	4125	85,30	
70,83	4250	86,80	
72,92	4375	88,20	
75,00	4500	89,50	
77,08	4625	90,20	
79,17	4750	90,90	
81,25	4875	91,45	
83,33	5000	92,00	
85,42	5125	91,50	
87,50	5250	90,94	
89,58	5375	90,33	
91,67	5500	89,67	
93,75	5625	88,94	
95,83	5750	88,13	
97,92	5875	87,23	
100,00	6000	86,23	

n – otáčky motoru
P – výkon motoru
P_{max} – maximální výkon motoru

Maximální výkon motoru je 92 kW při 5000 otáčkách za minutu. Sestrojím graf závislosti výkonu na otáčkách (obr. 2).



Obr. 2 – graf závislosti výkonu na otáčkách

Abych mohl vytvořit tabulku závislosti točivého momentu na otáčkách (tab. 5), potřebuji provést přepočet podle následujícího vzorce:

$$M_t = \frac{P \cdot 30 \cdot 1000}{n \cdot \pi} \quad [\text{N} \cdot \text{m}] \quad (1)$$

M_t – točivý moment motoru

Tab. 5 – závislost točivého momentu na otáčkách

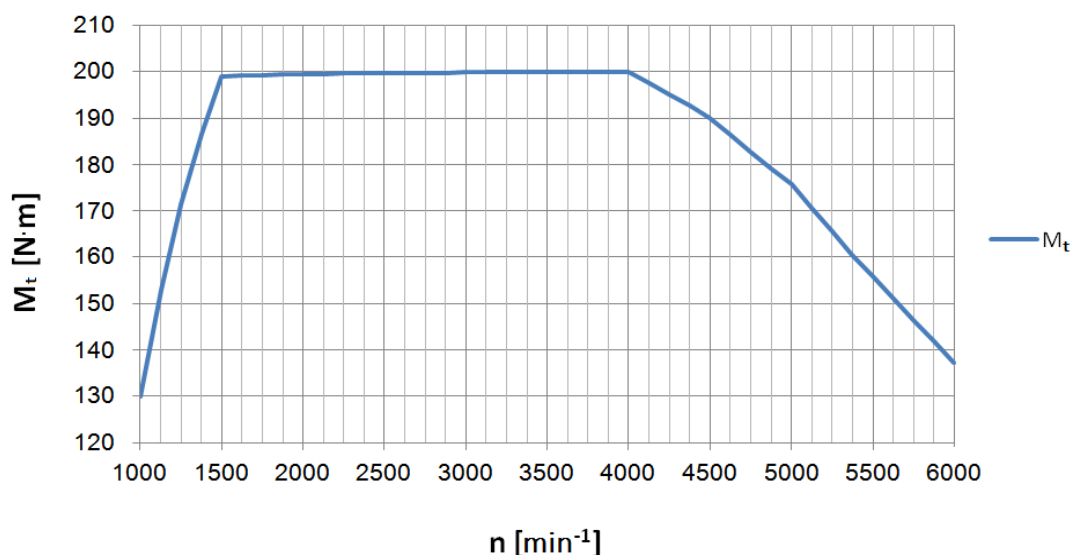
n [s ⁻¹]	n [s ⁻¹]	M _t [N·m]	M _{max}
16,67	1000	130,0	
18,75	1125	153,0	
20,83	1250	171,4	
22,92	1375	186,5	
25,00	1500	199,0	
27,08	1625	199,2	
29,17	1750	199,3	
31,25	1875	199,4	
33,33	2000	199,4	
35,42	2125	199,5	
37,50	2250	199,6	

$n [s^{-1}]$	$n [s^{-1}]$	$M_t [N \cdot m]$	
39,58	2375	199,6	M_{\max}
41,67	2500	199,7	
43,75	2625	199,7	
45,83	2750	199,8	
47,92	2875	199,8	
50,00	3000	199,8	
52,08	3125	199,9	
54,17	3250	199,9	
56,25	3375	199,9	
58,33	3500	200,0	
60,42	3625	200,0	
62,50	3750	200,0	
64,58	3875	200,0	
66,67	4000	200,0	
68,75	4125	197,6	$M_{p\max}$
70,83	4250	195,1	
72,92	4375	192,6	
75,00	4500	190,0	
77,08	4625	186,3	
79,17	4750	182,8	
81,25	4875	179,2	
83,33	5000	175,8	
85,42	5125	170,6	
87,50	5250	165,5	
89,58	5375	160,6	
91,67	5500	155,8	
93,75	5625	151,1	
95,83	5750	146,4	
97,92	5875	141,9	
100,00	6000	137,3	

M_{\max} – maximální točivý moment motoru

$M_{p\max}$ – točivý moment motoru při maximálním výkonu

Z tab. 5 vyplývá, že maximální točivý moment motoru se pohybuje kolem 200 N·m, při 1500 – 4000 otáčkách za minutu. Točivý moment při maximálním výkonu je roven 175,8 N·m při 5000 otáčkách za minutu. Sestrojím graf závislosti točivého momentu na otáčkách (obr. 3).



Obr. 3 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách

Nyní můžu pro vstupní parametry vypočítat odpovídající hodnoty:

- hnací síly na kolech vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních

$$F_k = \frac{M_t \cdot i_k \cdot i_o \cdot \eta}{r} \quad [\text{N}] \quad (2)$$

Budu předpokládat, že hodnota součinitele η se nebude měnit v závislosti na přenášeném točivém momentu, tj. v závislosti na zařazeném převodovém stupni.

- rychlosti vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních

$$V = 22,6 \cdot \frac{r \cdot n}{i_k \cdot i_o} \quad [\text{km} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

- odporu vzduchu při zařazených jednotlivých převodových stupních

$$O_v = 0,05 \cdot c_x \cdot S_x \cdot V^2 \quad [\text{N}] \quad (4)$$

- měrné hnací síly při zařazených jednotlivých převodových stupních

$$p = \frac{F_k - O_v}{G} = \frac{F_k - O_v}{m_c \cdot g} \quad [\text{N}] \quad (5)$$

G – tíha vozidla

g – tíhové zrychlení

$$g = 9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$$

- součinitele odporu valení při zařazených jednotlivých převodových stupních

Hodnotu f budu považovat do rychlosti $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ za konstantní.

$$f = 0,012 \quad [-]$$

Při vyšších rychlostech je třeba tuto hodnotu vypočítat.

$$f = 0,012 \cdot [1 + 0,065 \cdot (V - 80)] \quad [-] \quad (6)$$

- zrychlení vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních

$$a = \frac{g}{\delta_k} \cdot (p - f) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (7)$$

Hodnoty sestavím do tabulek (tab. 6 – 11).

Tab. 6 – vypočtené hodnoty při zařazeném I. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
I. převodový stupeň	16,67	130,0	5836	7,6	2,10	1,9	0,012	0,371	2,357	0,424
	20,83	171,4	7694	9,4	2,62	2,9	0,012	0,489	3,133	0,319
	25,00	199,0	8933	11,3	3,15	4,2	0,012	0,568	3,649	0,274
	29,17	199,3	8943	13,2	3,67	5,7	0,012	0,569	3,653	0,274
	33,33	199,4	8951	15,1	4,20	7,5	0,012	0,569	3,656	0,274
	37,50	199,6	8957	17,0	4,72	9,5	0,012	0,569	3,657	0,273
	41,67	199,7	8962	18,9	5,25	11,7	0,012	0,569	3,658	0,273
	45,83	199,8	8966	20,8	5,77	14,1	0,012	0,570	3,659	0,273
	50,00	199,8	8969	22,7	6,29	16,8	0,012	0,570	3,659	0,273
	54,17	199,9	8972	24,5	6,82	19,7	0,012	0,570	3,659	0,273
	58,33	200,0	8974	26,4	7,34	22,9	0,012	0,570	3,659	0,273
	62,50	200,0	8976	28,3	7,87	26,3	0,012	0,569	3,658	0,273
	66,67	200,0	8978	30,2	8,39	29,9	0,012	0,569	3,657	0,273
	70,83	195,1	8757	32,1	8,92	33,8	0,012	0,555	3,564	0,281
	75,00	190,0	8528	34,0	9,44	37,9	0,012	0,540	3,466	0,288
	79,17	182,8	8206	35,9	9,97	42,2	0,012	0,519	3,330	0,300
	83,33	175,8	7890	37,8	10,49	46,7	0,012	0,499	3,196	0,313
	87,50	165,5	7427	39,7	11,02	51,5	0,012	0,469	3,001	0,333
	91,67	155,8	6991	41,5	11,54	56,6	0,012	0,441	2,817	0,355
	95,83	146,4	6572	43,4	12,06	61,8	0,012	0,414	2,640	0,379
	100,00	137,3	6162	45,3	12,59	67,3	0,012	0,388	2,466	0,405

Tab. 7 – vypočtené hodnoty při zařazeném II. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
II. převodový stupeň	16,67	130,0	3144	14,0	3,90	6,4	0,012	0,200	1,346	0,743
	20,83	171,4	4145	17,5	4,87	10,1	0,012	0,263	1,802	0,555
	25,00	199,0	4812	21,0	5,84	14,5	0,012	0,305	2,105	0,475
	29,17	199,3	4818	24,5	6,82	19,7	0,012	0,305	2,105	0,475
	33,33	199,4	4822	28,0	7,79	25,8	0,012	0,305	2,104	0,475
	37,50	199,6	4825	31,6	8,76	32,6	0,012	0,305	2,102	0,476
	41,67	199,7	4827	35,1	9,74	40,3	0,012	0,305	2,100	0,476
	45,83	199,8	4830	38,6	10,71	48,7	0,012	0,304	2,097	0,477
	50,00	199,8	4831	42,1	11,69	58,0	0,012	0,304	2,094	0,478
	54,17	199,9	4833	45,6	12,66	68,1	0,012	0,303	2,090	0,479
	58,33	200,0	4834	49,1	13,63	78,9	0,012	0,303	2,085	0,480
	62,50	200,0	4835	52,6	14,61	90,6	0,012	0,302	2,080	0,481
	66,67	200,0	4836	56,1	15,58	103,1	0,012	0,301	2,075	0,482
	70,83	195,1	4717	59,6	16,55	116,4	0,012	0,293	2,015	0,496
	75,00	190,0	4594	63,1	17,53	130,5	0,012	0,284	1,952	0,512
	79,17	182,8	4420	66,6	18,50	145,4	0,012	0,272	1,866	0,536
	83,33	175,8	4250	70,1	19,48	161,1	0,012	0,260	1,781	0,561
	87,50	165,5	4001	73,6	20,45	177,6	0,012	0,243	1,660	0,602
	91,67	155,8	3766	77,1	21,42	194,9	0,012	0,227	1,544	0,647
	95,83	146,4	3540	80,6	22,40	213,04	0,012	0,212	1,433	0,698
	100,00	137,3	3320	84,1	23,37	231,96	0,012	0,196	1,321	0,757

Tab. 8 – vypočtené hodnoty při zařazeném III. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
III. převodový stupeň	16,67	130,0	2063	21,4	5,93	15,0	0,012	0,130	0,907	1,102
	20,83	171,4	2721	26,7	7,42	23,4	0,012	0,172	1,223	0,817
	25,00	199,0	3159	32,0	8,90	33,6	0,012	0,199	1,432	0,698
	29,17	199,3	3162	37,4	10,38	45,8	0,012	0,198	1,428	0,700
	33,33	199,4	3165	42,7	11,87	59,8	0,012	0,198	1,422	0,703
	37,50	199,6	3167	48,1	13,35	75,7	0,012	0,197	1,416	0,706
	41,67	199,7	3169	53,4	14,83	93,5	0,012	0,196	1,408	0,710
	45,83	199,8	3170	58,7	16,32	113,1	0,012	0,195	1,399	0,715
	50,00	199,8	3171	64,1	17,80	134,6	0,012	0,193	1,389	0,720
	54,17	199,9	3172	69,4	19,29	158,0	0,012	0,192	1,378	0,726
	58,33	200,0	3173	74,8	20,77	183,2	0,012	0,190	1,366	0,732
	62,50	200,0	3174	80,1	22,25	210,3	0,012	0,189	1,353	0,739
	66,67	200,0	3174	85,4	23,74	239,3	0,012	0,187	1,336	0,748
	70,83	195,1	3097	90,8	25,22	270,1	0,013	0,180	1,280	0,781
	75,00	190,0	3015	96,1	26,70	302,8	0,013	0,173	1,221	0,819
	79,17	182,8	2901	101,5	28,19	337,4	0,014	0,163	1,146	0,873
	83,33	175,8	2790	106,8	29,67	373,9	0,014	0,154	1,070	0,934
	87,50	165,5	2626	112,2	31,15	412,2	0,015	0,141	0,969	1,032
	91,67	155,8	2472	117,5	32,64	452,4	0,015	0,129	0,870	1,149
	95,83	146,4	2324	122,8	34,12	494,43	0,015	0,116	0,775	1,291
	100,00	137,3	2179	128,2	35,60	538,36	0,016	0,104	0,679	1,472

Tab. 9 – vypočtené hodnoty při zařazeném IV. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
IV. převodový stupeň	16,67	130,0	1564	28,2	7,83	26,0	0,012	0,098	0,773	1,293
	20,83	171,4	2062	35,2	9,79	40,7	0,012	0,129	1,050	0,952
	25,00	199,0	2394	42,3	11,75	58,6	0,012	0,149	1,230	0,813
	29,17	199,3	2396	49,3	13,70	79,7	0,012	0,147	1,220	0,820
	33,33	199,4	2398	56,4	15,66	104,2	0,012	0,146	1,207	0,828
	37,50	199,6	2400	63,4	17,62	131,8	0,012	0,144	1,192	0,839
	41,67	199,7	2401	70,5	19,58	162,8	0,012	0,142	1,175	0,851
	45,83	199,8	2402	77,5	21,53	196,9	0,012	0,140	1,156	0,865
	50,00	199,8	2403	84,6	23,49	234,4	0,012	0,138	1,132	0,883
	54,17	199,9	2404	91,6	25,45	275,0	0,013	0,135	1,104	0,906
	58,33	200,0	2405	98,7	27,41	319,0	0,013	0,133	1,074	0,931
	62,50	200,0	2405	105,7	29,36	366,2	0,014	0,130	1,043	0,959
	66,67	200,0	2406	112,8	31,32	416,6	0,015	0,127	1,009	0,991
	70,83	195,1	2347	119,8	33,28	470,4	0,015	0,119	0,939	1,065
	75,00	190,0	2285	126,9	35,24	527,3	0,016	0,112	0,867	1,154
	79,17	182,8	2199	133,9	37,19	587,5	0,016	0,103	0,778	1,286
	83,33	175,8	2114	140,9	39,15	651,0	0,017	0,093	0,688	1,454
	87,50	165,5	1990	148,0	41,11	717,7	0,017	0,081	0,574	1,744
	91,67	155,8	1873	155,0	43,07	787,7	0,018	0,069	0,461	2,167
	95,83	146,4	1761	162,1	45,02	861,0	0,018	0,057	0,350	2,856
	100,00	137,3	1651	169,1	46,98	937,4	0,019	0,045	0,238	4,194

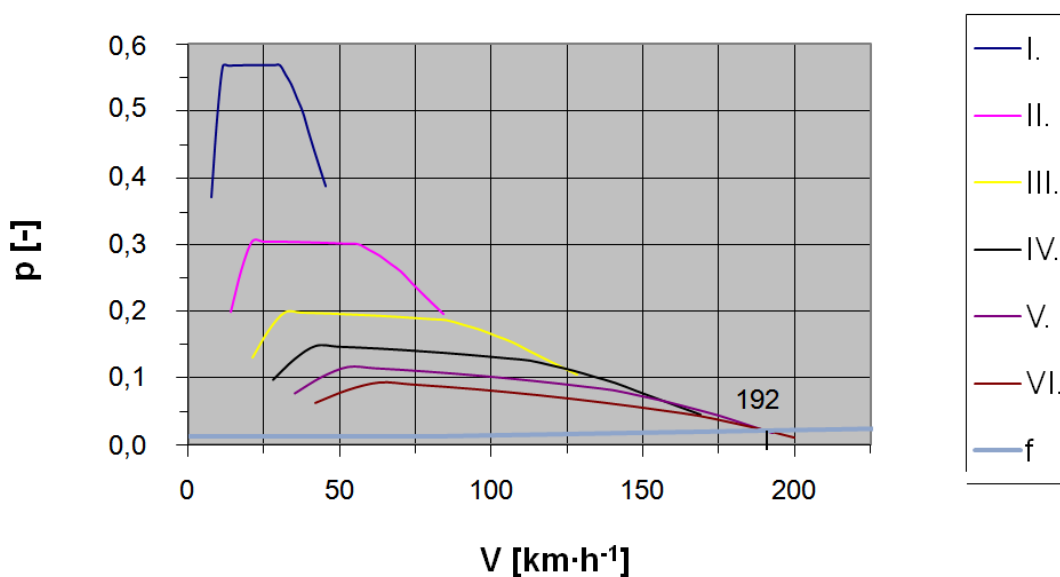
Tab. 10 – vypočtené hodnoty při zařazeném V. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
V. převodový stupeň	16,67	130,0	1257	35,1	9,74	40,3	0,012	0,077	0,601	1,663
	20,83	171,4	1658	43,8	12,17	62,9	0,012	0,101	0,822	1,217
	25,00	199,0	1925	52,6	14,61	90,6	0,012	0,117	0,962	1,040
	29,17	199,3	1927	61,3	17,04	123,3	0,012	0,115	0,944	1,059
	33,33	199,4	1929	70,1	19,48	161,1	0,012	0,112	0,923	1,084
	37,50	199,6	1930	78,9	21,91	203,9	0,012	0,110	0,899	1,113
	41,67	199,7	1931	87,6	24,34	251,7	0,013	0,107	0,866	1,155
	45,83	199,8	1932	96,4	26,78	304,6	0,013	0,104	0,829	1,206
	50,00	199,8	1933	105,2	29,21	362,4	0,014	0,100	0,789	1,267
	54,17	199,9	1933	113,9	31,65	425,4	0,015	0,096	0,747	1,339
	58,33	200,0	1934	122,7	34,08	493,3	0,015	0,092	0,701	1,427
	62,50	200,0	1934	131,5	36,52	566,3	0,016	0,087	0,652	1,533
	66,67	200,0	1934	140,2	38,95	644,3	0,017	0,082	0,601	1,665
	70,83	195,1	1887	149,0	41,39	727,4	0,017	0,074	0,518	1,930
	75,00	190,0	1838	157,8	43,82	815,5	0,018	0,065	0,431	2,318
	79,17	182,8	1768	166,5	46,25	908,6	0,019	0,055	0,330	3,029
	83,33	175,8	1700	175,3	48,69	1006,8	0,019	0,044	0,227	4,412
	87,50	165,5	1600	184,0	51,12	1110,0	0,020	0,031	0,102	9,817
	91,67	155,8	1506	192,8	53,56	1218,2	0,021	0,018	-0,023	-44,128
	95,83	146,4	1416	201,6	55,99	1331,5	0,021	0,005	-0,148	-6,762
	100,00	137,3	1328	210,3	58,43	1449,8	0,022	-0,008	-0,275	-3,638

Tab. 11 – vypočtené hodnoty při zařazeném VI. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
VI. převodový stupeň	16,67	130,0	1048	42,1	11,69	58,0	0,012	0,063	0,475	2,107
	20,83	171,4	1382	52,6	14,61	90,6	0,012	0,082	0,653	1,532
	25,00	199,0	1604	63,1	17,53	130,5	0,012	0,094	0,761	1,314
	29,17	199,3	1606	73,6	20,45	177,6	0,012	0,091	0,734	1,362
	33,33	199,4	1607	84,1	23,37	232,0	0,012	0,088	0,700	1,429
	37,50	199,6	1608	94,7	26,29	293,6	0,013	0,084	0,656	1,524
	41,67	199,7	1609	105,2	29,21	362,4	0,014	0,079	0,608	1,644
	45,83	199,8	1610	115,7	32,13	438,6	0,015	0,075	0,556	1,798
	50,00	199,8	1610	126,2	35,06	521,9	0,016	0,069	0,499	2,002
	54,17	199,9	1611	136,7	37,98	612,5	0,016	0,064	0,438	2,281
	58,33	200,0	1611	147,2	40,90	710,4	0,017	0,057	0,373	2,680
	62,50	200,0	1612	157,8	43,82	815,5	0,018	0,051	0,303	3,296
	66,67	200,0	1612	168,3	46,74	927,9	0,019	0,044	0,229	4,359
	70,83	195,1	1572	178,8	49,66	1047,5	0,020	0,033	0,128	7,842
	75,00	190,0	1531	189,3	52,58	1174,3	0,021	0,023	0,020	49,07
	79,17	182,8	1473	199,8	55,51	1308,4	0,021	0,010	-0,101	-9,904
	83,33	175,8	1417	210,3	58,43	1449,8	0,022	-0,002	-0,226	-4,426
	87,50	165,5	1334	220,9	61,35	1598,4	0,023	-0,017	-0,371	-2,697
	91,67	155,8	1255	231,4	64,27	1754,2	0,024	-0,032	-0,517	-1,934
	95,83	146,4	1180	241,9	67,19	1917,3	0,025	-0,047	-0,666	-1,502
	100,00	137,3	1107	252,4	70,11	2087,7	0,025	-0,062	-0,818	-1,223

V tab. 10 a 11 jsem zvýraznil záporné hodnoty p, a a 1/a, to značí, že F_k je menší než O_v a tím vozidlo zpomaluje, i přes zvyšující se otáčky. Z vypočtených hodnot sestrojím charakteristiku měrné hnací síly vozidla p (V) (obr. 4).

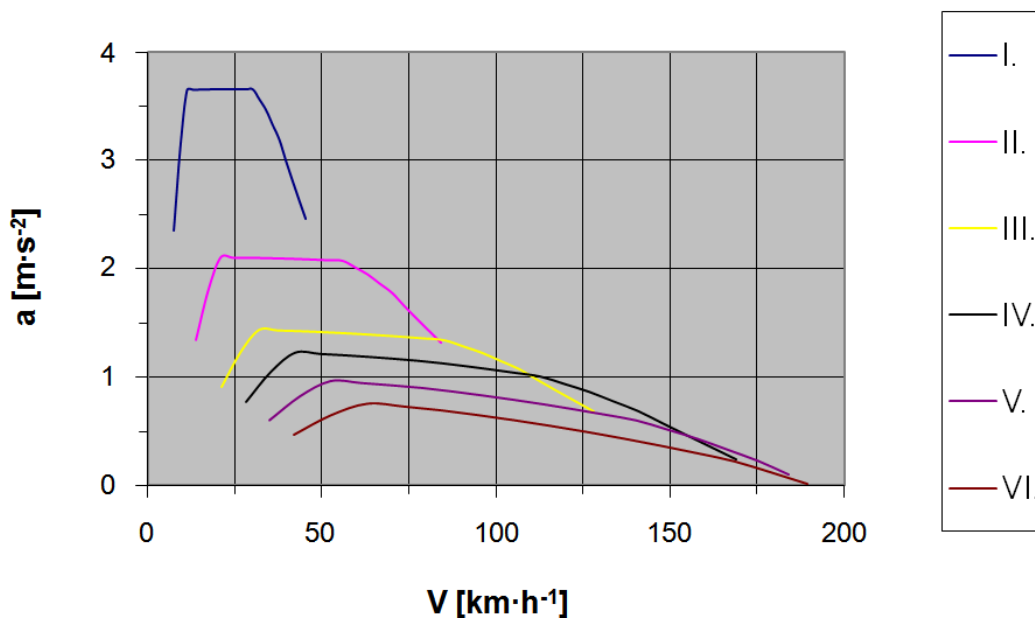


Obr. 4 – charakteristika měrné hnací síly vozidla p (V)

Skutečnou maximální rychlost V_{\max} určím z charakteristiky měrné hnací síly jako průsečík křivky $f(V)$ a křivky měrné hnací síly nejvyššího převodového stupně (obr. 4).

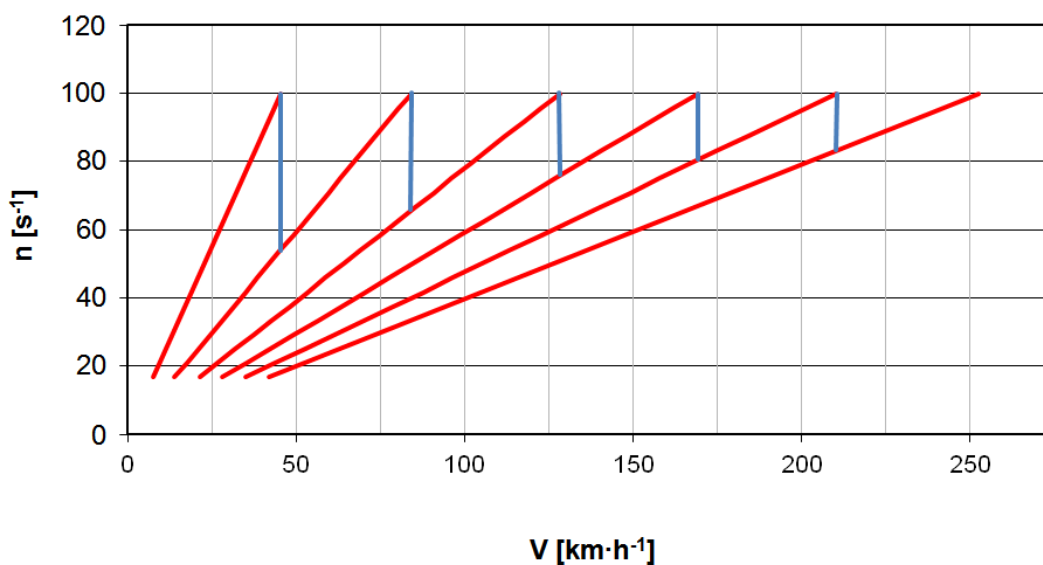
$$V_{\max} = 192 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z vypočtených hodnot sestrojím charakteristiku zrychlení vozidla $a(V)$ (obr. 5).



Obr. 5 – charakteristika zrychlení vozidla $a(V)$

Z vypočtených hodnot sestrojím kinematickou charakteristiku vozidla (pilový diagram) (obr. 6).



Obr. 6 – kinematická charakteristika (pilový diagram)

Z hodnot (tab. 6 – 11) graficky znázorním závislost $1/a$ (v) na jednotlivé převodové stupně (obr. 7 – 12).

Pro grafickou integraci musím nejdříve určit plochu pod křivkou, která je vymezena intervalem dvou sousedních rychlostí. Určím ji jako součet obdélníku a trojúhelníku vymezeného pořadnicemi v a $1/a$.

Z tab. 6 –	v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	2,10	2,62	3,15	...
	$1/a$ [$\text{s}^2\cdot\text{m}^{-1}$]	0,424	0,319	0,274	...

Plocha pod křivkou v intervalu v_1, v_2 :

- plocha obdélníku $S_o = (2,62 - 2,10) \cdot 0,319 \cdot 1000$ (8)

$$S_o = \underline{\underline{167,45\text{mm}^2}}$$

- plocha trojúhelníku $S_t = \left| \frac{(2,62 - 2,10) \cdot (0,424 - 0,319) \cdot 1000}{2} \right|$ (9)

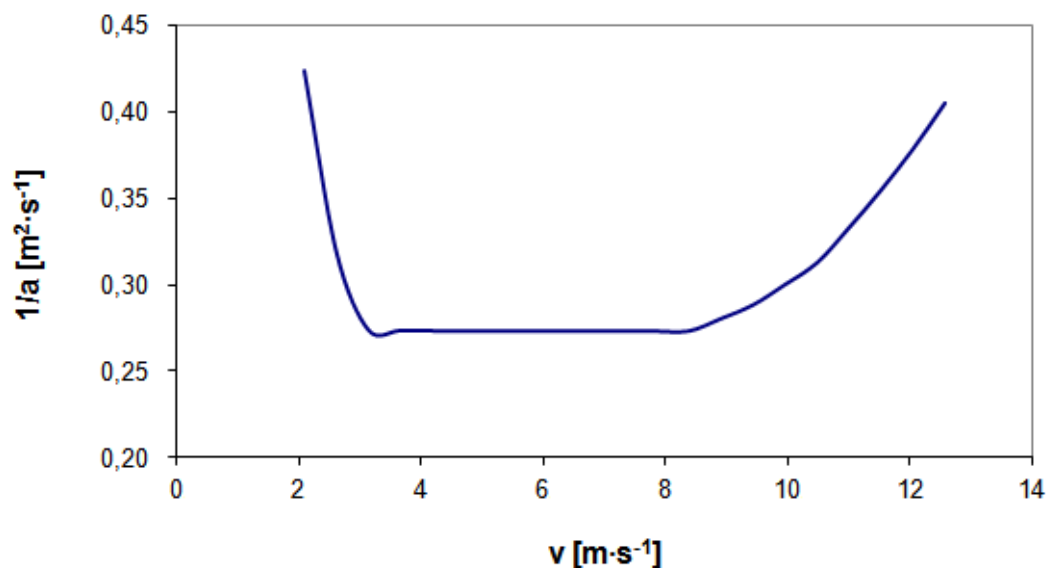
$$S_t = \underline{\underline{27,55\text{mm}^2}}$$

- celková plocha $S_c = S_o + S_t$ (10)

$$S_c = 167,4 + 27,5 = \underline{\underline{195\text{mm}^2}}$$

Celková plocha pod křivkou, vymezená body v_1 a v_2 je rovna 195 mm^2 .

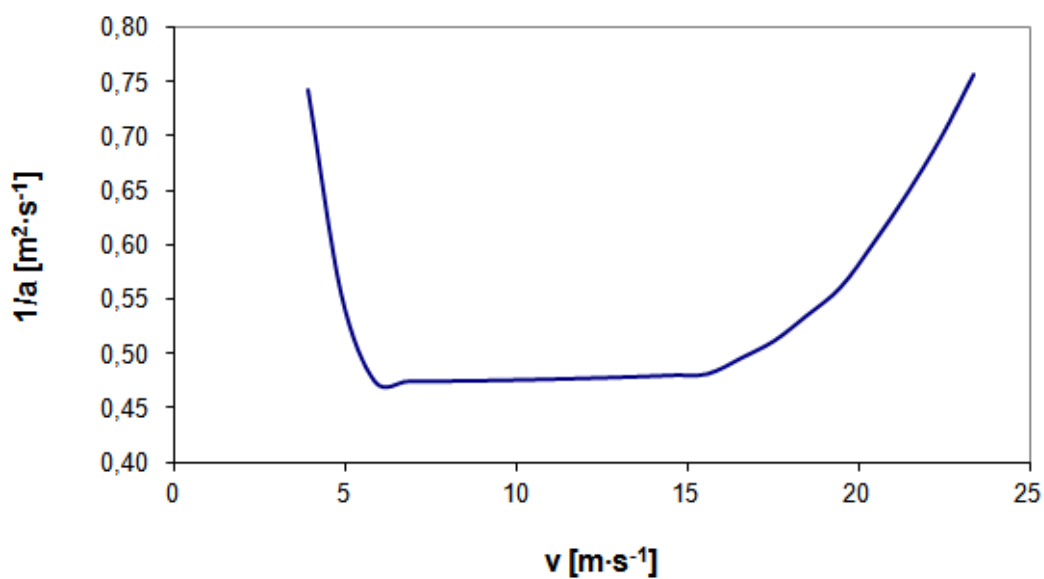
Tímto způsobem určím všechny plochy pro rozsah rychlostí na první převodový stupeň (tab. 12) a poté pro všechny zbývající převodové stupně (tab. 13 – 17).



Obr. 7 – funkce $1/a(v)$ pro I. převodový stupeň

Tab. 12 – vypočtená plocha pod křivkou pro I. převodový stupeň

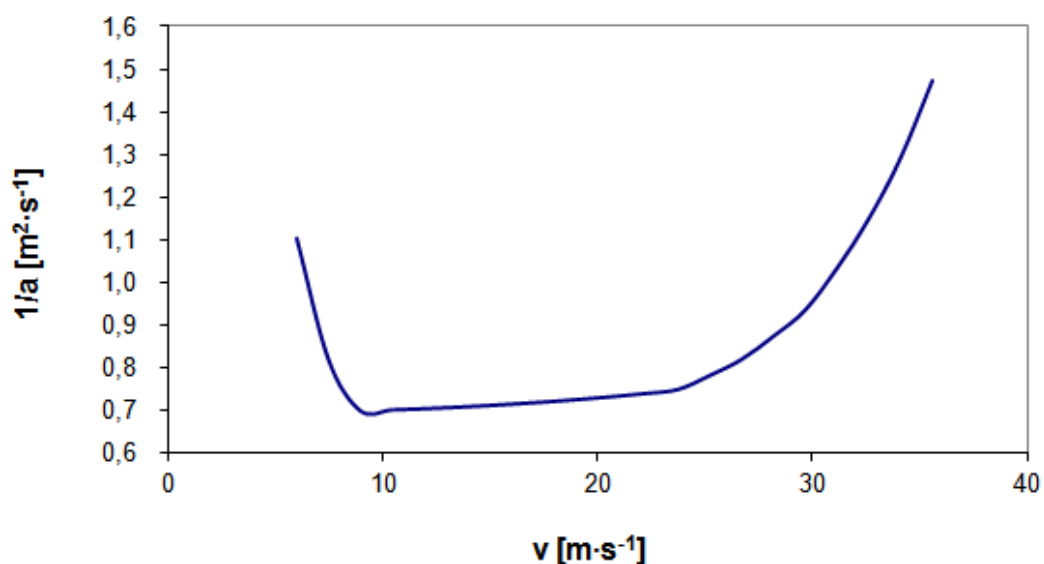
V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c	
1	7,6	2,10	167,4	27,5	195,0	
2	9,4	2,62	143,7	11,9	155,6	
3	11,3	3,15	143,6	0,1	143,7	
4	13,2	3,67	143,5	0,0	143,5	
5	15,1	4,20	143,4	0,0	143,5	
6	17,0	4,72	143,4	0,0	143,4	
7	18,9	5,25	143,4	0,0	143,4	
8	20,8	5,77	143,4	0,0	143,4	
9	22,7	6,29	143,4	0,0	143,4	
10	24,5	6,82	143,4	0,0	143,4	
11	26,4	7,34	143,4	0,0	143,4	
12	28,3	7,87	143,4	0,0	143,4	
13	30,2	8,39	147,2	1,9	149,1	
14	32,1	8,92	151,3	2,1	153,4	
15	34,0	9,44	157,5	2,5	160,0	
16	35,9	9,97	164,1	2,5	166,6	
17	37,8	10,49	174,8	3,4	178,2	
18	39,7	11,02	186,2	3,2	189,5	
19	41,5	11,54	198,7	3,2	201,9	
20	43,4	12,06	212,7	3,2	215,8	
21	45,3	12,59	Σ	3138,0	61,5	3199,4
			celkem	3199,4	mm ²	



Obr. 8 – funkce $1/a$ (v) pro II. převodový stupeň

Tab. 13 – vypočtená plocha pod křivkou pro II. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	14,0	3,90	540,4	91,4	631,8
2	17,5	4,87	462,7	38,9	501,6
3	21,0	5,84	462,7	0,0	462,7
4	24,5	6,82	462,9	0,1	462,9
5	28,0	7,79	463,2	0,2	463,4
6	31,6	8,76	463,7	0,3	464,0
7	35,1	9,74	464,4	0,3	464,7
8	38,6	10,71	465,1	0,4	465,5
9	42,1	11,69	466,0	0,4	466,4
10	45,6	12,66	467,0	0,5	467,5
11	49,1	13,63	468,1	0,5	468,6
12	52,6	14,61	469,3	0,6	469,9
13	56,1	15,58	483,3	7,0	490,3
14	59,6	16,55	498,9	7,8	506,6
15	63,1	17,53	521,9	11,5	533,4
16	66,6	18,50	546,8	12,4	559,2
17	70,1	19,48	586,7	20,0	606,7
18	73,6	20,45	630,5	21,9	652,4
19	77,1	21,42	679,6	24,6	704,2
20	80,6	22,40	736,9	28,6	765,5
21	84,1	23,37			
Σ			10339,9	267,4	10607,3
			celkem	10607,3	mm ²

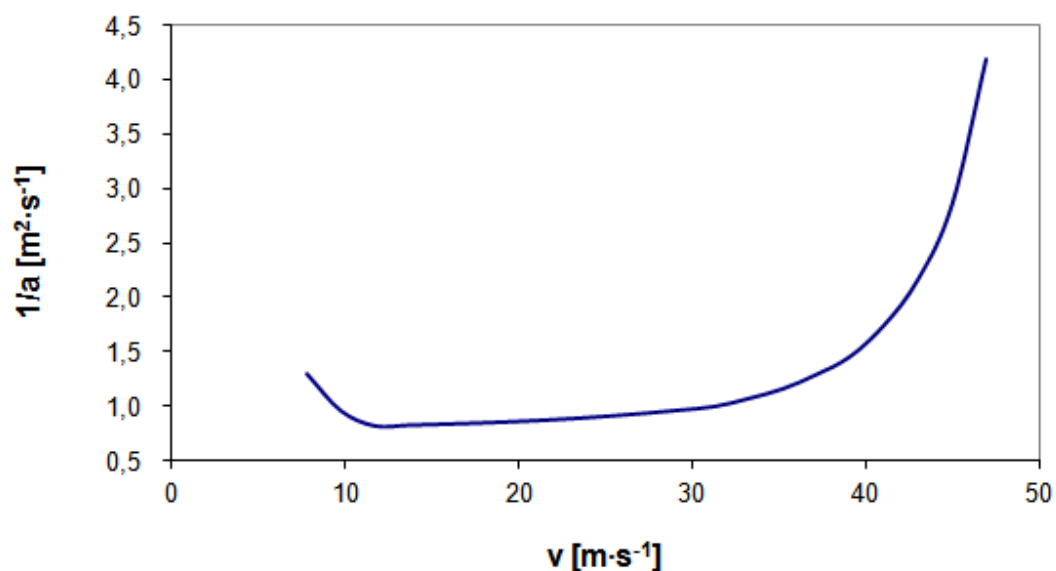


Obr. 9 – funkce $1/a$ (v) pro III. převodový stupeň

Tab. 14 – vypočtená plocha pod křivkou pro III. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]
1	21,4	5,93
2	26,7	7,42
3	32,0	8,90
4	37,4	10,38
5	42,7	11,87
6	48,1	13,35
7	53,4	14,83
8	58,7	16,32
9	64,1	17,80
10	69,4	19,29
11	74,8	20,77
12	80,1	22,25
13	85,4	23,74
14	90,8	25,22
15	96,1	26,70
16	101,5	28,19
17	106,8	29,67
18	112,2	31,15
19	117,5	32,64
20	122,8	34,12
21	128,2	35,60

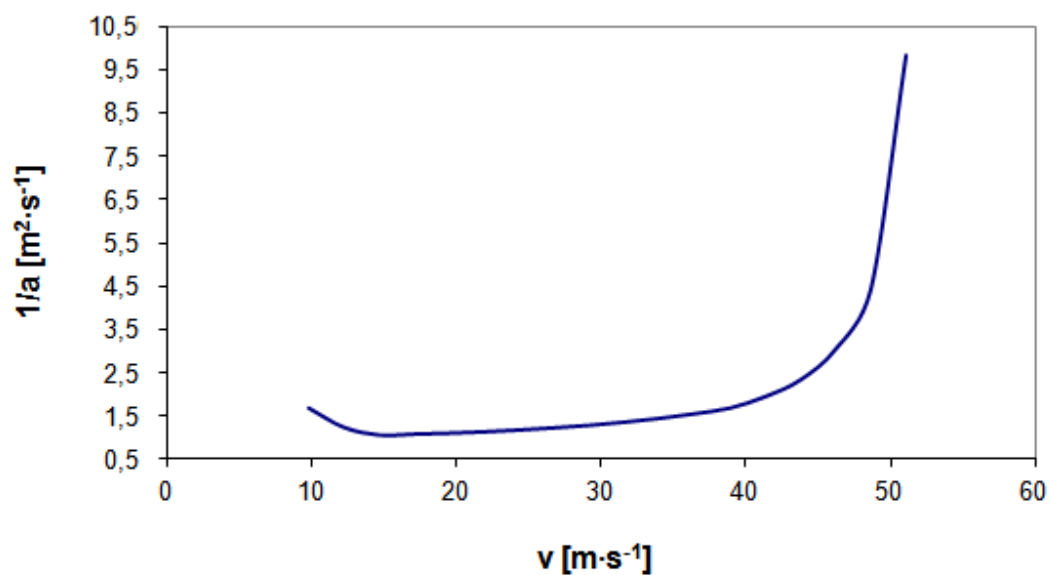
	S_o	S_t	S_c
	1212,6	211,5	1424,1
	1035,9	88,3	1124,3
	1039,0	1,5	1040,5
	1043,0	2,0	1045,0
	1047,9	2,5	1050,4
	1053,8	2,9	1056,7
	1060,5	3,4	1063,8
	1068,1	3,8	1071,8
	1076,5	4,2	1080,8
	1085,9	4,7	1090,6
	1096,3	5,2	1101,5
	1110,2	7,0	1117,2
	1159,0	24,4	1183,4
	1214,7	27,8	1242,5
	1294,9	40,1	1335,0
	1386,2	45,6	1431,9
	1531,6	72,7	1604,3
	1704,2	86,3	1790,5
	1915,2	105,5	2020,8
	2183,8	134,3	2318,1
Σ	25319,5	873,7	26193,2
	celkem	26193,2	mm ²



Obr. 10 – funkce $1/a$ (v) pro IV. převodový stupeň

Tab. 15 – vypočtená plocha pod křivkou pro IV. převodový stupeň

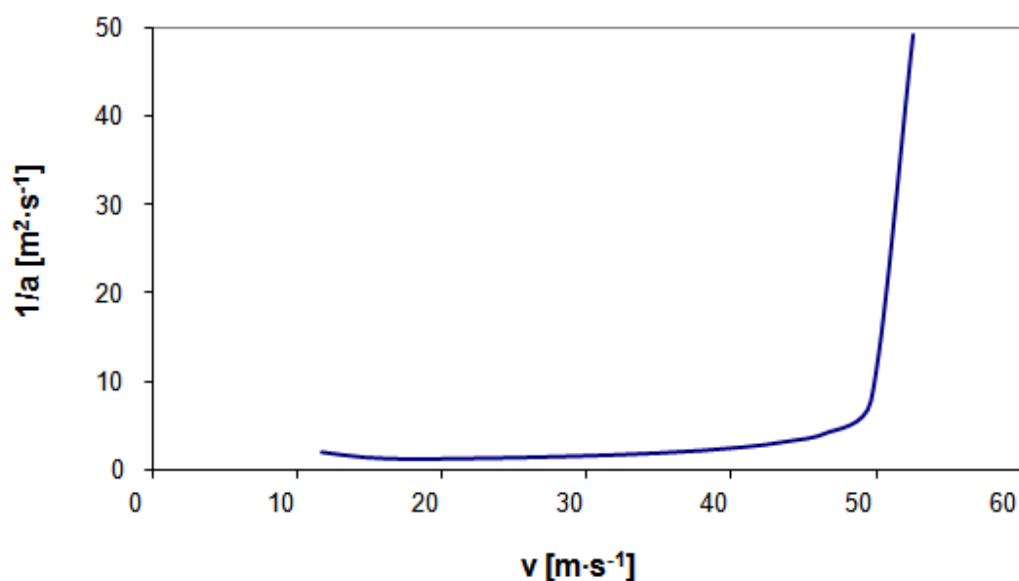
V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S_o	S_t	S_c
1	28,2	7,83	1863,7	333,8	2197,6
2	35,2	9,79	1591,0	136,3	1727,4
3	42,3	11,75	1604,8	6,9	1611,7
4	49,3	13,70	1621,9	8,5	1630,4
5	56,4	15,66	1642,2	10,2	1652,4
6	63,4	17,62	1665,9	11,9	1677,8
7	70,5	19,58	1693,3	13,7	1707,0
8	77,5	21,53	1729,5	18,1	1747,5
9	84,6	23,49	1773,1	21,8	1794,9
10	91,6	25,45	1822,2	24,6	1846,8
11	98,7	27,41	1877,6	27,7	1905,3
12	105,7	29,36	1940,1	31,3	1971,4
13	112,8	31,32	2083,9	71,9	2155,7
14	119,8	33,28	2259,0	87,5	2346,5
15	126,9	35,24	2517,5	129,3	2646,8
16	133,9	37,19	2846,5	164,5	3010,9
17	140,9	39,15	3413,3	283,4	3696,7
18	148,0	41,11	4242,7	414,7	4657,5
19	155,0	43,07	5590,8	674,1	6264,9
20	162,1	45,02	8210,4	1309,8	9520,1
21	169,1	46,98			
Σ			51989,4	3779,8	55769,2
			celkem	55769,2	mm ²



Obr. 11 – funkce $1/a$ (a) pro V. převodový stupeň

Tab. 16 – vypočtená plocha pod křivkou pro V. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	35,1	9,74	2961,7	543,9	3505,5
2	43,8	12,17	2531,1	215,3	2746,4
3	52,6	14,61	2578,9	23,9	2602,8
4	61,3	17,04	2637,9	29,5	2667,3
5	70,1	19,48	2709,1	35,6	2744,7
6	78,9	21,91	2811,8	51,4	2863,1
7	87,6	24,34	2936,2	62,2	2998,4
8	96,4	26,78	3083,9	73,8	3157,7
9	105,2	29,21	3260,3	88,2	3348,5
10	113,9	31,65	3472,8	106,3	3579,1
11	122,7	34,08	3732,0	129,6	3861,6
12	131,5	36,52	4053,0	160,5	4213,4
13	140,2	38,95	4699,0	323,0	5022,0
14	149,0	41,39	5642,6	471,8	6114,4
15	157,8	43,82	7374,5	865,9	8240,4
16	166,5	46,25	10739,8	1682,7	12422,5
17	175,3	48,69	23899,3	6579,7	30479,0
18	184,0	51,12	Σ	89123,6	11443,3
			celkem	100566,9	mm ²



Obr. 12 – funkce $1/a$ (v) pro VI. převodový stupeň

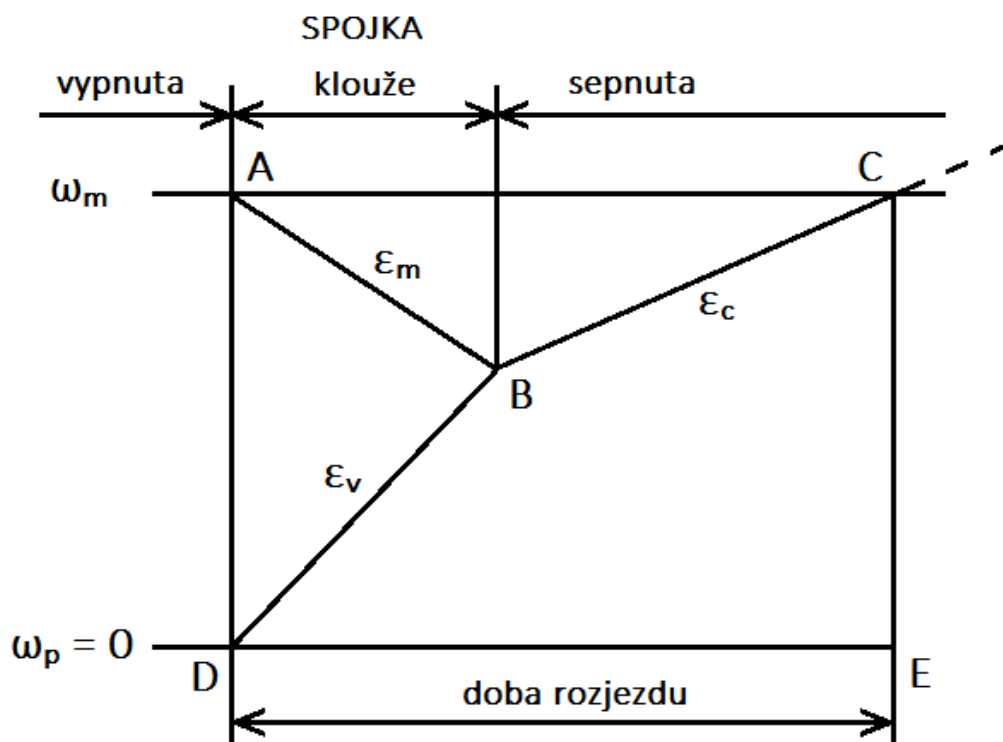
Tab. 17 – vypočtená plocha pod křivkou pro VI. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	42,1	11,69	4474,7	840,6	5315,3
2	52,6	14,61	3838,8	317,9	4156,7
3	63,1	17,53	3979,1	70,1	4049,2
4	73,6	20,45	4174,6	97,8	4272,3
5	84,1	23,37	4451,2	138,3	4589,5
6	94,7	26,29	4801,8	175,3	4977,0
7	105,2	29,21	5253,4	225,8	5479,1
8	115,7	32,13	5849,3	298,0	6147,3
9	126,2	35,06	6663,3	407,0	7070,2
10	136,7	37,98	7830,3	583,5	8413,8
11	147,2	40,90	9628,2	899,0	10527,2
12	157,8	43,82	12733,2	1552,5	14285,7
13	168,3	46,74	22908,8	5087,8	27996,7
14	178,8	49,66	143361,6	60226,4	203588,0
15	189,3	52,58			
Σ			239948,2	70919,9	310868,1
			celkem	310868,1	mm ²

Jestliže znám všechny plochy pod křivkami, mohu si určit časové přírůstky a celkové časy.

Jelikož otáčky motoru odpovídající prvnímu bodu momentové charakteristiky leží v mezích $15 - 20 \text{ s}^{-1}$, musím určit rozjezd vozidla z nulové rychlosti jen přibližně.

Otáčky motoru, jímž odpovídá úhlová rychlost ω_m , spojka je vypnuta, kola převodovky stojí a jejich úhlová rychlost $\omega_p = 0$ (obr. 13).



Obr. 13 – doba rozjezdu

„V bodě A začínáme zapínat spojku, která uvádí vozidlo do pohybu. Spojka začne klouzat a otáčky motoru klesají, zatímco otáčky kol převodovky se zvyšují. Vozidlo se zrychluje zrychlením ϵ_v a motor je zpomalován zpožděním ϵ_m . V bodě B se vyrovná přenos točivého momentu spojky a motoru i jejich otáčky. Spojka přestane prokluzovat a celé vozidlo je zrychlováno zrychlením ϵ_c , až motor dosáhne původní – úhlové rychlosti ϵ_m v bodě C. Vzdálenost bodů D a E pak udává dobu potřebnou pro rozjezd vozidla.

Předpokládejme, že tento děj trvá 0,5 s“. [2]

V tab. 18 bude první hodnota $\Delta t = 0,5$ s a bod V_1 odpovídá rychlosti určené z nejnižšího bodu momentové charakteristiky (tab. 6).

$$V_1 = 7,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}, v_1 = 2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Delta t = \frac{S_c}{1000} \quad [\text{s}] \quad (11)$$

Δt – časový interval dvou sousedních rychlostí

Tab. 18 – vypočtená doba jízdy na I. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a	S _o	S _t	S _c	Δ t [s]	t	[s]
0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0
1	7,6	1	2,10	0,424	-	-	-	0,50	1	0,50
2	9,4	2	2,62	0,319	167,4	27,5	195,0	0,19	2	0,69
3	11,3	3	3,15	0,274	143,7	11,9	155,6	0,16	3	0,85
4	13,2	4	3,67	0,274	143,6	0,1	143,7	0,14	4	0,99
5	15,1	5	4,20	0,274	143,5	0,0	143,5	0,14	5	1,14
6	17,0	6	4,72	0,273	143,4	0,0	143,5	0,14	6	1,28
7	18,9	7	5,25	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	7	1,42
8	20,8	8	5,77	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	8	1,57
9	22,7	9	6,29	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	9	1,71
10	24,5	10	6,82	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	10	1,85
11	26,4	11	7,34	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	11	2,00
12	28,3	12	7,87	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	12	2,14
13	30,2	13	8,39	0,273	143,4	0,0	143,4	0,14	13	2,28
14	32,1	14	8,92	0,281	147,2	1,9	149,1	0,15	14	2,43
15	34,0	15	9,44	0,288	151,3	2,1	153,4	0,15	15	2,59
16	35,9	16	9,97	0,300	157,5	2,5	160,0	0,16	16	2,75
17	37,8	17	10,49	0,313	164,1	2,5	166,6	0,17	17	2,91
18	39,7	18	11,02	0,333	174,8	3,4	178,2	0,18	18	3,09
19	41,5	19	11,54	0,355	186,2	3,2	189,5	0,19	19	3,28
20	43,4	20	12,06	0,379	198,7	3,2	201,9	0,20	20	3,48
21	45,3	21	12,59	0,405	212,7	3,2	215,8	0,22	21	3,70
									t _f = 1	4,70

Po dosažení rychlosti V_{Imax} je třeba přeradit na II. převodový stupeň. Předpokládám, že doba řazení $t_f = 1$ s. Vím tedy, že čas $t_{22} = t_{21} + 1 = 3,7 + 1 = 4,7$ s.

Nyní musím zjistit pokles rychlosti automobilu během řazení v době, kdy je přerušen hnací moment a automobil se pohybuje setrvačností podle křivky doběhu. Proto si zjistím charakteristiku doběhu vozidla, kterou určím obdobně jako u rozjezdu.

Rozmezí rychlostí, pro které určím doběh, je dán oblastmi rychlostí řazení převodových stupňů, tj. dolní hranice musí být menší jak V_{Imax} a horní hranice ne menší než V_{Vmax} (pro 6° převodovku)“.

V mém případě:

$$V_{\text{Imax}} = 45,3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$V_{\text{Vmax}} = 191 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Charakteristiku doběhu určím tedy pro rozsah rychlostí 40 – 220 km·h⁻¹. Pro doběh vozidla platí, že je přerušen přenos hnacího momentu a $F_k = 0$.

Pro rovnováhu sil platí: $F_k = 0$; $O_s = 0$

$$F_k = O_f + O_s + O_v + O_a \quad [\text{N}] \quad (12)$$

$$0 = O_f + 0 + O_v + O_a \text{ a pro měrné hnací síly}$$

$$0 = f + 0,05 \cdot c_x \cdot S_x \cdot V^2 \cdot \frac{1}{G} + \frac{\delta}{g} \cdot a$$

Pro zpomalení b platí:

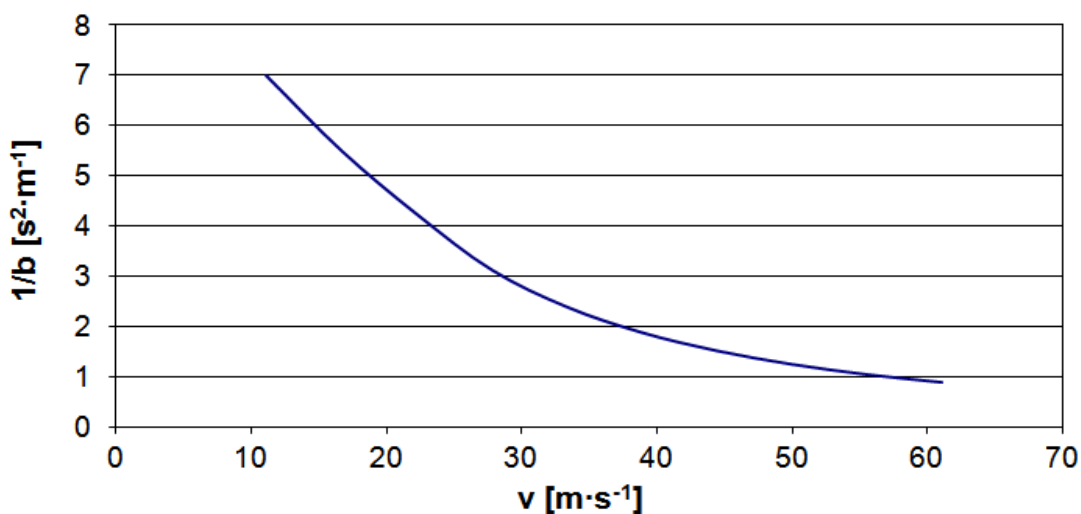
$$b = \frac{g}{\delta} \cdot (f + O_v) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (13)$$

Nyní musím určit závislost funkce 1/b (v) (tab. 19). Za hodnotu δ volím hodnotu nejvyššího převodového stupně, $\delta = 1,054$.

Tab. 19 – závislost funkce 1/b (v)

v	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
v	61,11	55,56	50,00	44,44	38,89	33,33	27,78	22,22	16,67	11,11
O _v	1586	1311	1062	839	642	472	328	210	118	52
o _v	0,101	0,083	0,068	0,053	0,041	0,030	0,021	0,013	0,008	0,003
f	0,023	0,021	0,020	0,018	0,017	0,015	0,014	0,012	0,012	0,012
g/δ	9,307									
b	1,153	0,975	0,813	0,667	0,536	0,420	0,320	0,236	0,182	0,143
1/b	0,868	1,026	1,230	1,500	1,867	2,380	3,122	4,239	5,508	7,006

Sestrojím graf funkce 1/b (v) (obr. 14).



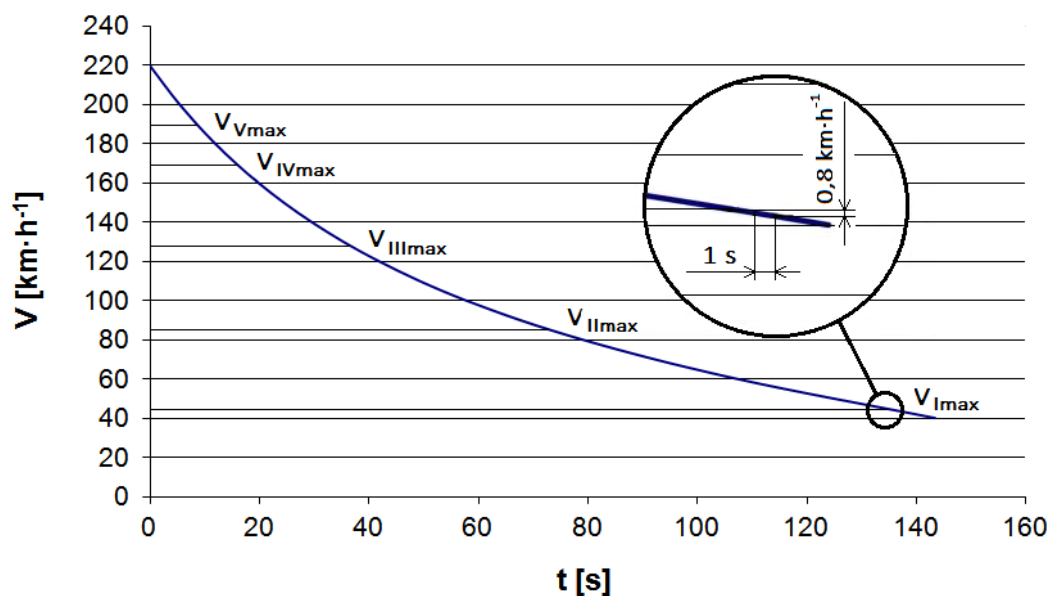
Obr. 14 – graf funkce 1/b (v)

Pro určení závislosti $v(t)$, resp. $V(t)$ si z obr. 14 sestavím tab. 20. Již známým způsobem určím plochy pod křivkou odpovídající zvolenému intervalu a určím odpovídající časy.

Tab. 20 – hodnoty potřebné k sestrojení charakteristiky doběhu

V [km·h ⁻¹]	v [m·s ⁻¹]	$1/b$ [s ² ·m ⁻¹]	S_o [mm ²]	S_t [mm ²]	S_c [mm ²]	Δt [s]	t [s]
220	63,58	0,868	5014,8	456,5	5471,3	5,47	0
200	57,80	1,026	5927,9	590,6	6518,5	6,52	5,47
180	52,02	1,230	7109,1	781,1	7890,2	7,89	11,99
160	46,24	1,500	8671,3	1060,1	9731,4	9,73	19,88
140	40,46	1,867	10791,5	1482,4	12273,9	12,27	29,61
120	34,68	2,380	13756,2	2145,6	15901,9	15,90	41,89
100	28,90	3,122	18047,5	3228,0	21275,6	21,28	57,79
80	23,12	4,239	24503,6	5050,8	29554,4	28,17	79,06
60	17,34	5,508	31837,7	4328,8	36166,5	36,17	107,23
40	11,56	7,006	-	-	-	celkem	143,40
				celkem	143399,97		

Ze získaných hodnot sestrojím charakteristiku doběhu (obr. 15).



Obr. 15 – charakteristika doběhu

Ze závislosti $V(t)$ (obr. 15) si určím poklesy rychlostí při řazení jednotlivých stupňů: $V_{I\max} = 45,3 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $V_{II\max} = 84,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $V_{III\max} = 128,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $V_{IV\max} = 169,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $V_{V\max} = 191 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ při době řazení 1 s. Po odečtení úbytku rychlosti získám výchozí rychlost pro určení závislosti $1/a(v)$ druhého, třetího, čtvrtého, pátého, respektive šestého převodového stupně.

Výchozí bod rychlosti po přeřazení na II. převodový stupeň: $V_{II-0} = V_{I\max} - \Delta V_{I-II} = 45,3 - 0,8 = 44,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 12,36 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tuto hodnotu vynesu do obr. 7 jako výchozí bod pro integraci II. převodového stupně a odečtu odpovídající pořadnici $1/a = 0,479 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$ a určím plochu k nejbližší vyšší hodnotě v' .

$$V_{III-0} = 82,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 23,03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 1/a = 0,744 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$$

$$V_{IV-0} = 126,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 35,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 1/a = 1,150 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$$

$$V_{V-0} = 167,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 46,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 1/a = 3,089 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$$

$$V_{VI-0} = 191 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 52,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \quad 1/a = 42 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$$

Při zařazeném VI. převodovém stupni je $V_{VI\max} = 192 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $1/a = 86,63 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$.

Nyní mohu určit plochy pod křivkou funkce $1/a$ již známým způsobem, přenesu je do tab. 21 – 25 a určím přírůstky času a celkový čas od okamžiku rozjezdu pro II. – VI. převodový stupeň.

Tab. 21 – vypočtená doba jízdy na II. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a	S ₀	S _t	S _c	Δ t [s]	t	[s]
22	44,5	22	12,36	0,5					22	4,70
23	45,6	23	12,66	0,5	142,7	0,1	142,8	0,14	23	4,84
24	49,1	24	13,63	0,5	466,0	0,5	466,5	0,47	24	5,31
25	52,6	25	14,61	0,5	467,0	0,5	467,5	0,47	25	5,78
26	56,1	26	15,58	0,5	468,1	0,6	468,7	0,47	26	6,24
27	59,6	27	16,55	0,5	469,3	7,0	476,3	0,48	27	6,72
28	63,1	28	17,53	0,5	483,3	7,8	491,1	0,49	28	7,21
29	66,6	29	18,50	0,5	498,9	11,5	510,4	0,51	29	7,72
30	70,1	30	19,48	0,6	521,9	12,4	534,3	0,53	30	8,26
31	73,6	31	20,45	0,6	546,8	20,0	566,7	0,57	31	8,82
32	77,1	32	21,42	0,6	586,7	21,9	608,6	0,61	32	9,43
33	80,6	33	22,40	0,7	630,5	24,6	655,1	0,66	33	10,09
34	84,1	34	23,37	0,8	679,6	28,6	708,3	0,71	34	10,80
									t _f = 1	11,80

Tab. 22 – vypočtená doba jízdy na III. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
35	82,9	35	23,03	0,7					35	11,80
36	85,4	36	23,74	0,7	526,7	1,6	528,3	0,53	36	12,32
37	90,8	37	25,22	0,8	1110,2	24,4	1134,6	1,13	37	13,46
38	96,1	38	26,70	0,8	1159,0	27,8	1186,9	1,19	38	14,65
39	101,5	39	28,19	0,9	1214,7	40,1	1254,8	1,25	39	15,90
40	106,8	40	29,67	0,9	1294,9	45,6	1340,6	1,34	40	17,24
41	112,2	41	31,15	1,0	1386,2	72,7	1458,9	1,46	41	18,70
42	117,5	42	32,64	1,1	1531,6	86,3	1617,9	1,62	42	20,32
43	122,8	43	34,12	1,3	1704,2	105,5	1809,7	1,81	43	22,13
44	128,2	44	35,60	1,5	1915,2	134,3	2049,5	2,05	44	24,18
								t _r = 1		25,18

Tab. 23 – vypočtená doba jízdy na IV. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
45	126,6	45	35,17	1,2					45	25,18
46	126,9	46	35,24	1,2	80,4	0,1	80,6	0,08	46	25,26
47	133,9	47	37,19	1,3	2259,0	129,3	2388,2	2,39	47	27,65
48	140,9	48	39,15	1,5	2517,5	164,5	2682,0	2,68	48	30,33
49	148,0	49	41,11	1,7	2846,5	283,4	3129,9	3,13	49	33,46
50	155,0	50	43,07	2,2	3413,3	414,7	3828,0	3,83	50	37,29
51	162,1	51	45,02	2,9	4242,7	674,1	4916,8	4,92	51	42,20
52	169,1	52	46,98	4,2	5590,8	1309,8	6900,6	6,90	52	49,10
								t _r = 1		50,10

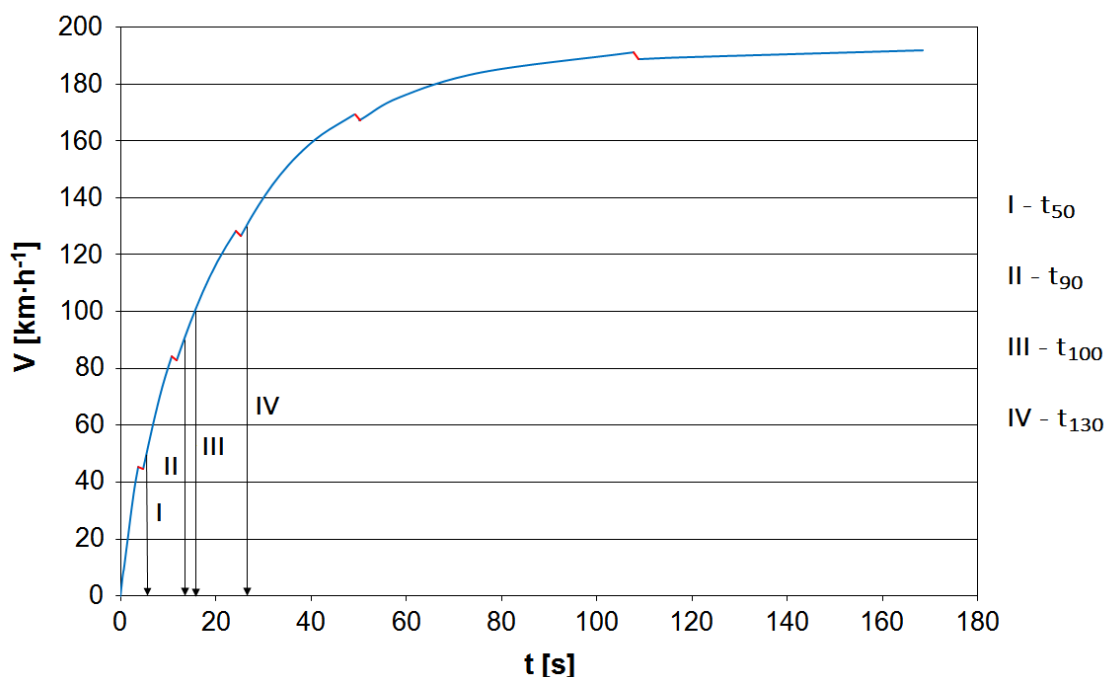
Tab. 24 – vypočtená doba jízdy na V. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
53	167,1	53	46,42	3,1					53	50,10
54	175,3	54	48,69	4,4	7018,4	1502,5	8521,0	8,52	54	58,62
55	184,0	55	51,12	9,8	10739,8	6579,7	17319,6	17,32	55	75,94
56	191,0	56	53,06	23,0	18970,5	12737,1	31707,7	31,71	56	107,65
								t _r = 1		108,65

Tab. 25 – vypočtená doba jízdy na VI. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
57	188,6	57	52,39	42,0					57	108,65
58	189,3	58	52,58	49,1	8187,8	689,5	8877,3	8,88	58	117,53
59	192,0	59	53,33	86,6	36781,0	14074,0	50855,0	50,85	59	168,38

Charakteristiku $V(t)$ (obr. 16) sestojím z tab. 18 a 21 – 25 a z ní určím hodnoty požadované zadáním, tj.: t_{50} , t_{90} , t_{100} , t_{130} .



Obr. 16 – časová charakteristika rychlosti $V(t)$

$t_{50} = 5,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti 50 km·h^{-1}

$t_{90} = 13,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti 90 km·h^{-1}

$t_{100} = 15,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti 100 km·h^{-1}

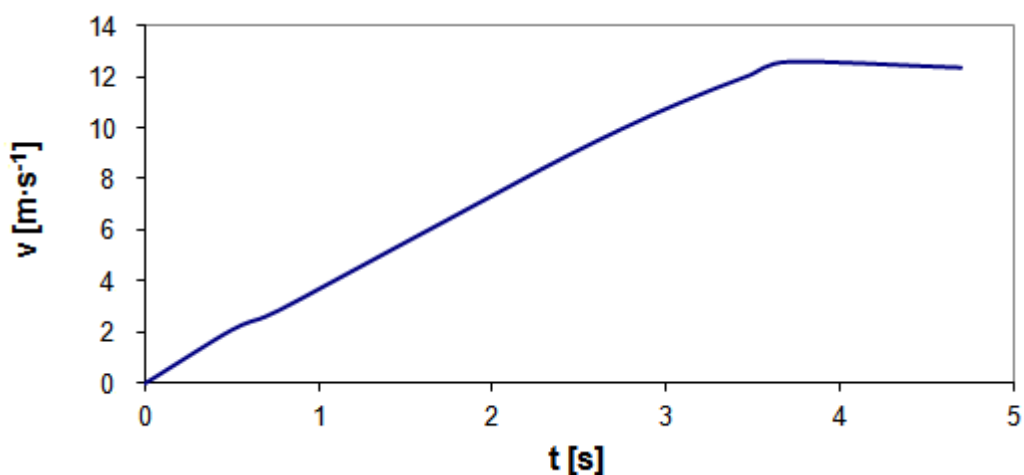
$t_{130} = 26,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti 130 km·h^{-1}

Již znám závislost $V(t)$, proto mohu určit i závislost $x(t)$.

Vynesu si závislost $v(t)$ pro I. převodový stupeň včetně $0,5$ s úseku prokluzu spojky a 1 s úseku řazení (obr. 17). Opět určím plochy pod křivkou vynesené pořadnicemi vynášených bodů a hodnoty sestavím do tab. 26.

$$\Delta x = \frac{S_c}{1000} \quad [\text{m}] \quad (14)$$

Δx – délkový interval dvou sousedních rychlostí

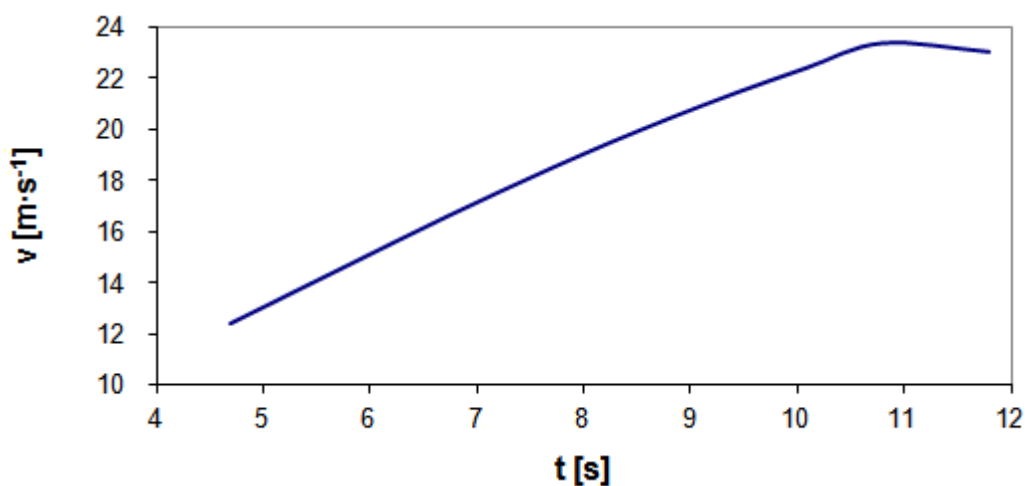


Obr. 17 – průběh $v(t)$ I. převodového stupně + 0,5 s prokluz + 1 s řazení

Tab. 26 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro I. převodový stupeň

$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
0	0	0					0	0
2,10	1	0,50	0	524,5	524,5	0,5	1	0,5
2,62	2	0,69	409,1	51,1	460,3	0,5	2	1,0
3,15	3	0,85	408,1	40,8	448,9	0,4	3	1,4
3,67	4	0,99	452,1	37,7	489,8	0,5	4	1,9
4,20	5	1,14	527,1	37,6	564,7	0,6	5	2,5
4,72	6	1,28	602,0	37,6	639,6	0,6	6	3,1
5,25	7	1,42	677,0	37,6	714,6	0,7	7	3,8
5,77	8	1,57	752,1	37,6	789,7	0,8	8	4,6
6,29	9	1,71	827,2	37,6	864,8	0,9	9	5,5
6,82	10	1,85	902,4	37,6	940,0	0,9	10	6,4
7,34	11	2,00	977,7	37,6	1015,3	1,0	11	7,5
7,87	12	2,14	1053,1	37,6	1090,7	1,1	12	8,5
8,39	13	2,28	1128,6	37,6	1166,2	1,2	13	9,7
8,92	14	2,43	1251,2	39,1	1290,3	1,3	14	11,0
9,44	15	2,59	1367,9	40,2	1408,1	1,4	15	12,4
9,97	16	2,75	1510,8	42,0	1552,8	1,6	16	14,0
10,49	17	2,91	1660,4	43,7	1704,1	1,7	17	15,7
11,02	18	3,09	1869,1	46,7	1915,8	1,9	18	17,6
11,54	19	3,28	2087,2	49,7	2136,9	2,1	19	19,7
12,06	20	3,48	2329,9	53,0	2382,9	2,4	20	22,1
12,59	21	3,70	2604,1	56,6	2660,7	2,7	21	24,8
12,36	22	4,70	12589,1	-114,0	12475,1	12,5	22	37,2

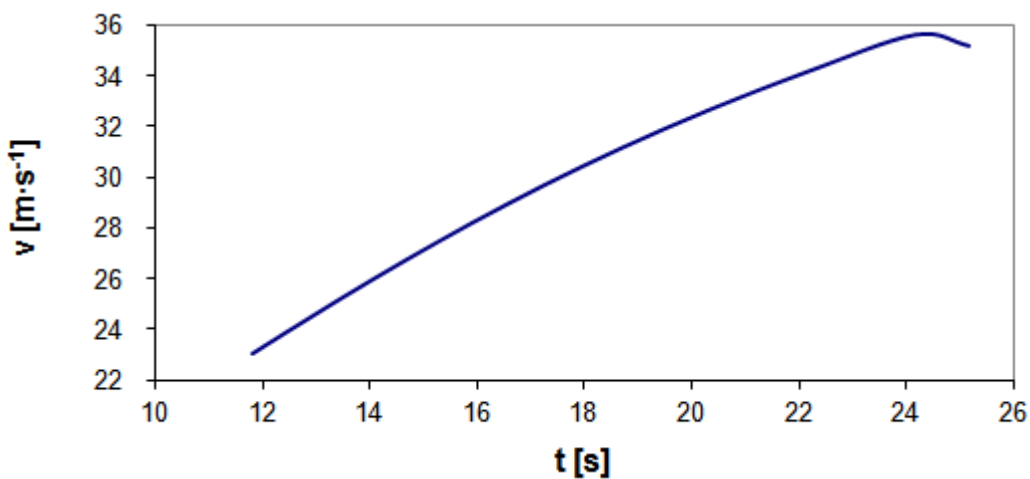
Nyní si vynesu závislost $v(t)$ pro II. – VI. převodový stupeň včetně 1 s úseku řazení (obr. 18 – 22). Opět určím plochy pod křivkou vynesené pořadnicemi vynášených bodů a hodnoty sestavím do tab. 27 – 31.



Obr. 18 – průběh $v(t)$ II. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 27 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro II. převodový stupeň

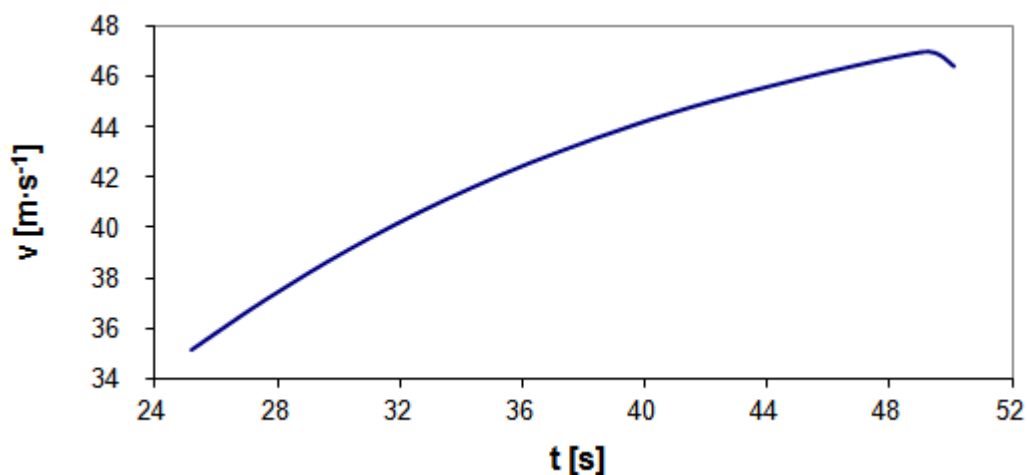
v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	t	[s]	S_o [mm^2]	S_t [mm^2]	S_c [mm^2]	Δx [m]	x	[m]
12,36	23	4,70					23	37
12,66	24	4,84	1765	21,3	1786,3	1,8	24	39,0
13,63	25	5,31	5905,4	227,1	6132,5	6,1	25	45,2
14,61	26	5,78	6373,7	227,6	6601,4	6,6	26	51,8
15,58	27	6,24	6845,6	228,2	7073,8	7,1	27	58,8
16,55	28	6,72	7420,6	231,9	7652,5	7,7	28	66,5
17,53	29	7,21	8129,3	239,1	8368,4	8,4	29	74,9
18,50	30	7,72	8945,6	248,5	9194,1	9,2	30	84,0
19,48	31	8,26	9885,7	260,2	10145,9	10,1	31	94,2
20,45	32	8,82	11037,2	275,9	11313,1	11,3	32	105,5
21,42	33	9,43	12445,3	296,3	12741,6	12,7	33	118,2
22,40	34	10,09	14033,3	318,9	14352,2	14,4	34	132,6
23,37	35	10,80	15862,7	344,8	16207,5	16,2	35	148,8
23,03	36	11,80	23370,6	-171,4	23199,2	23,2	36	172,0



Obr. 19 – průběh $v(t)$ III. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 28 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro III. převodový stupeň

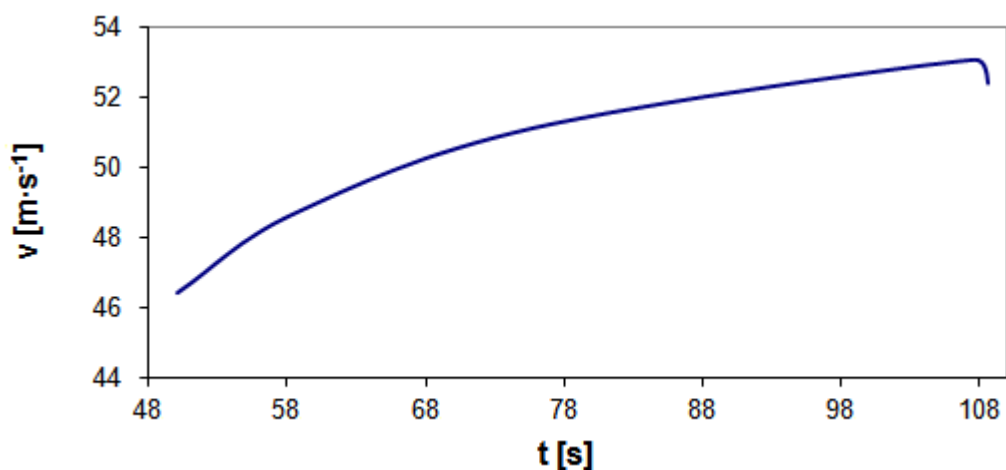
$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
23,03	37	11,80					37	172
23,74	38	12,32	12165	187,0	12352,5	12,4	38	184,4
25,22	39	13,46	26931,3	841,6	27772,9	27,8	39	212,1
26,70	40	14,65	29931,7	880,3	30812,1	30,8	40	242,9
28,19	41	15,90	33507,0	930,8	34437,8	34,4	41	277,4
29,67	42	17,24	37785,8	994,4	38780,2	38,8	42	316,2
31,15	43	18,70	43286,0	1082,1	44368,1	44,4	43	360,5
32,64	44	20,32	50403,3	1200,1	51603,4	51,6	44	412,1
34,12	45	22,13	59063,4	1342,4	60405,8	60,4	45	472,5
35,60	46	24,18	69929,8	1520,2	71450,0	71,5	46	544,0
35,17	47	25,18	35603,6	-218,5	35385,2	35,4	47	579,4



Obr. 20 – průběh $v(t)$ IV. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 29 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro IV. převodový stupeň

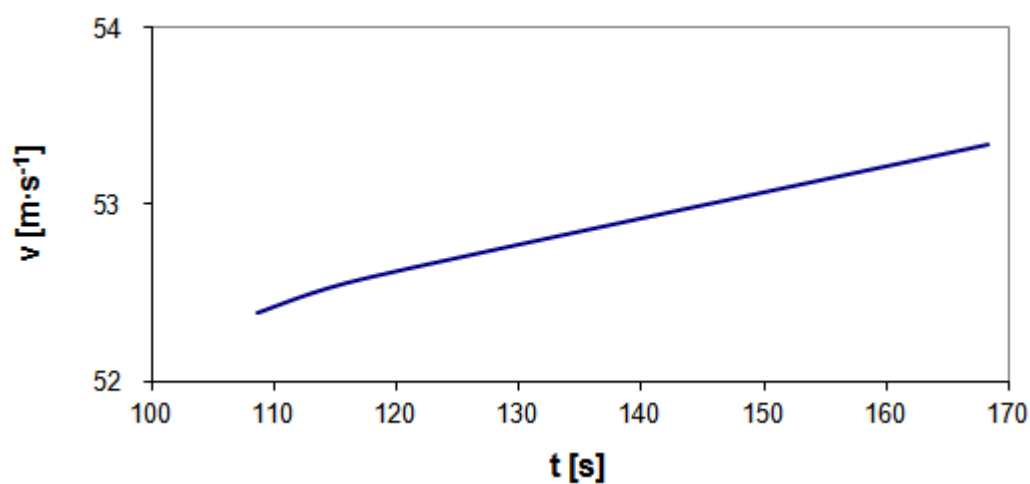
$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
35,17	48	25,18					48	579
35,24	49	25,26	2833	2,8	2835,5	2,8	49	582,2
37,19	50	27,65	84153,0	2337,6	86490,6	86,5	50	668,7
39,15	51	30,33	99753,9	2625,1	102379,0	102,4	51	771,1
41,11	52	33,46	122539,2	3063,5	125602,7	125,6	52	896,7
43,07	53	37,29	157366,4	3746,8	161113,2	161,1	53	1057,8
45,02	54	42,20	211751,2	4812,5	216563,7	216,6	54	1274,4
46,98	55	49,10	310696,4	6754,3	317450,6	317,5	55	1591,8
46,42	56	50,10	46982,1	-282,7	46699,4	46,7	56	1638,5



Obr. 21 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 30 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro V. převodový stupeň

$v \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$	t	[s]	$S_o \text{ [mm}^2]$	$S_t \text{ [mm}^2]$	$S_c \text{ [mm}^2]$	$\Delta x \text{ [m]}$	x	[m]
46,42	57	50,10					57	1639
48,69	58	58,62	395515	9680,1	405194,8	405,2	58	2043,7
51,12	59	75,94	843267,1	21081,7	864348,7	864,3	59	2908,1
53,06	60	107,65	1620996,4	30635,7	1651632,1	1651,6	60	4559,7
52,39	61	108,65	53055,6	-333,3	52722,2	52,7	61	4612,4

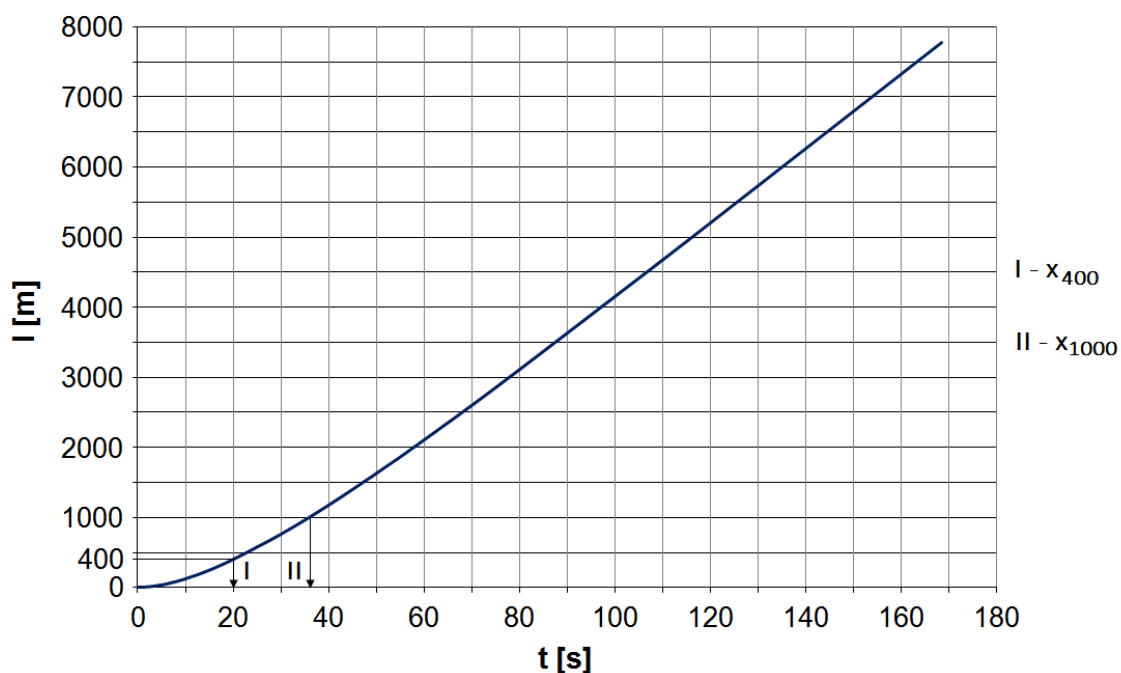


Obr. 22 – průběh $v(t)$ VI. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 31 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro VI. převodový stupeň

$v \text{ [m} \cdot \text{s}^{-1}]$	t	[s]	$S_o \text{ [mm}^2]$	$S_t \text{ [mm}^2]$	$S_c \text{ [mm}^2]$	$\Delta x \text{ [m]}$	x	[m]
52,39	62	108,65					62	4612
52,58	63	117,53	465072	865,3	465937,3	465,9	63	5078,3
53,33	64	168,38	2674150,9	19057,9	2693208,8	2693,2	64	7771,6

Ze získaných hodnot sestrojím charakteristiku $x(t)$ (obr. 23) a určím hodnoty požadované zadáním, tj.: x_{400} , x_{1000} .



Obr. 23 – časová charakteristika dráhy $x(t)$

$x_{400} = 20$ s – doba potřebná k ujetí 400 m

$x_{1000} = 36$ s – doba potřebná k ujetí 1000 m

Vypočítané hodnoty a hodnoty uváděné výrobcem sestavím do tab. 32. [1] [2]

Tab. 32 – výsledné hodnoty

parametr	symbol	jednotka	výpočet	údaj výrobce
nejvyšší rychlost vozidla	V_{\max}	$[\text{km} \cdot \text{h}^{-1}]$	192	205
čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	t_{50}	[s]	5,5	-
čas potřebný k dosažení rychlosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	t_{90}	[s]	13,5	-
čas potřebný k dosažení rychlosti $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	t_{100}	[s]	15,5	10,5
čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$	t_{130}	[s]	26,5	-
čas potřebný k ujetí vzdálenosti 400 m	t_{400}	[s]	20	17,4
čas potřebný k ujetí vzdálenosti 1000 m	t_{1000}	[s]	36	31,9

3. Experimentální měření točivého momentu motoru

Točivý moment motoru se může měřit dvěma způsoby. První možnost je nejpřesnější a zároveň nejkomplicovanější. Jedná se o metodu měření na tzv. motorové brzdě, tedy zkušebně, kde se měří samostatný motor. Je nutné jej celý demontovat z vozidla a to včetně veškerých nutných zařízení pro jeho funkci. Poté je připevněn na stojan a je provedeno samotné měření na výstupní hřídeli motoru, a proto v tomto případě nemusím odpočítávat ztráty na převodovém a hnacím ústrojí. Mě bude zajímat druhý a zároveň nejčastější způsob měření točivého momentu motoru a to měření momentu ve válcové zkušebně (obr. 24), kde je měřen moment na kolech automobilu, a výpočtem je dopočítán samotný výkon motoru.

3.1. Metodika

Stanovím si vlastní metodiku měření, vzhledem k chybějící metodice pro provádění zkoušek a následnému vyhodnocení výsledků získaných z měření. K vytvoření této metodiky použiji podklady pro provádění měření, které jsou součástí návodu k obsluze válcové zkušebny MAHA LPS 2000, ve které budu měření provádět. Válcová zkušebna funkcí a výkonu se pro své výpočty statických a dynamických vlastností řídí normami DIN a ISO a směrnici ES a ECE-R.

3.1.1. Zkušebna

Experimentální měření momentu motoru na vozidle Škoda Superb 1.4 TSI provedu ve válcové zkušební stanici funkcí a výkonu LPS 2000, Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, která je umístěna v Ostravě – Vítkovicích, v areálu Střední školy dopravní v Ostravě.

Válcová zkušební stanice MAHA LPS 2000 se skládá z:

- komunikačního pultu s barevnou obrazovkou a počítačovou klávesnicí
- dálkového ovládání komunikačního pultu
- sady válců
- dmýchacího zařízení na studený vzduch
- boxu rozhraní, přes který se připojují přístroje a čidla ke komunikačnímu pultu

- tiskárny CITIZEN SWIFT 240+
- odsávacího systému pro odvod výfukových zplodin
- ventilačního systému pro přívod vzduchu do zkušebny



Obr. 24 – válková zkušebna

3.1.1.1. Komunikační pult s barevnou obrazovkou

Na tomto komunikačním pultu (obr. 25) se nastavují veškeré parametry potřebné pro měření. Všechno nezbytně nutné příslušenství potřebné k měření požadovaných veličin je k němu připojeno. Po dobu měření jsou průběžné hodnoty zobrazovány na barevné obrazovce a na konci měření jsou zobrazeny výsledné hodnoty, které lze zpracovat a poté vytisknout v připojené tiskárně.



Obr. 25 – komunikační pult s barevnou obrazovkou

3.1.1.2. Dálkové ovládání komunikačního pultu

Některé funkce válcové zkušebny lze volit dálkovým ovládáním (obr. 26) a to jak během zkoušky, tak i mezi zkouškami přímo z vozidla. Při některých zkouškách je dálkové ovládání nezbytně nutné. Pod klávesnicí na přední straně komunikačního pultu je umístěn přijímač infračervených signálů vysílaných z dálkového ovladače. Na konci měření je potřeba dálkový ovladač zasunout do nabíječky.



Obr. 26 – dálkové ovládání

3.1.1.3. Sada válců

Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000 je vybavena sadou válců (obr. 27), které mohou mít různé provedení, lišící se podle toho, jaká vozidla budou na této zkušebně testována, zda se jedná o motocykly, osobní automobily, lehké užitkové automobily nebo nákladní automobily. Zkušebna je vybavena sadou válců označených R100/1. Jde o válce opatřené elektromagnetickou brzdou pro měření osobních automobilů a lehkých užitkových automobilů s jednou poháněnou nápravou.



Obr. 27 – sada válců

Tab. 33 – parametry sady válců [3]

Sada válců	R100/1
délka [mm]	3345
šířka [mm]	1100
výška [mm]	520
hmotnost včetně obalu [kg]	1400
zátěž os [t]	2,5
délka válců [mm]	750
stopa min. [mm]	800
stopa max. [mm]	2300
nejmenší měřitelné kolo ["]	2
průměr válců [mm]	318
odstup os válců [mm]	540
Zdvižný práh	
pneumatický min. [bar]	8
Elektrická data	
data vířivého proudu [kW]	260
napojení na síť [V/Hz]	230/50
setrvačná pojistka [A]	16
Rozsah zobrazení	
rychlost měření max. [km/h]	260
výkon kol max. [kW]	260
tažná síla max. [kN]	6
přesnost měření [%]	±2

3.1.1.4. Dmýchací zařízení na studený vzduch

Jedná se o pojízdný ventilátor (obr. 28) libovolně umístitelný před vozidlem, který je připojen ke komunikačnímu pultu a při provádění zkoušky přivádí potřebný vzduch do motoru a při více měřeních zajišťuje chlazení motoru. Je umístěn přibližně asi jeden metr před vozidlem.



Obr. 28 – dmýchací zařízení

3.1.1.5. Box rozhraní

Jednotlivá čidla snímající hodnoty potřebné pro průběh a vyhodnocení měření jsou připojena k boxu rozhraní (obr. 29). Je zde zabudován tlakoměr vzduchu a teplotní čidlo. Svorka s čidlem zjišťující teplotu nasávaného vzduchu se umísťuje před sání automobilu a je spojena s boxem rozhraní. Také i čidlo, zjišťující teplotu oleje v motoru, které se umísťuje místo měrky pro kontrolu hladiny oleje. U zážehových motorů se zjišťují otáčky motoru pomocí indukčních kleští, které se umísťují co nejbližší k první zapalovací svíčke na kabel zapalování. Těmito kleštěmi je snímán signál vysokého napětí, který je převeden na otáčky motoru v boxu rozhraní. Nelze-li použít tyto kleště a nejsou-li snímány žádné otáčky, je třeba použít magnetickou vibrační sondu, která je pomocí vibračního snímače (obr. 30) připojena na motor vozidla zapojeného na baterii automobilu a následně je přepočítána hodnota otáček. Poté jsou k tomuto přístroji připojeny indukční kleště snímající otáčky.



Obr. 29 – box rozhraní



Obr. 30 – vibrační snímač

3.1.1.6. Tiskárna CITIZEN SWIFT 240+

Tato tiskárna (obr. 31) je jehličková, čtyřbarevná a tiskne na nekonečný papír formátu A4. Propisem na druhý papír je možné vytvořit kopii. Je přednastavena automaticky, a proto není nutné do ní zasahovat. Je propojena s komunikačním pultem a je v něm umístěna.



Obr. 31 – tiskárna

3.1.1.7. Odsávací systém

Hadice odsávacího systému se připojí na rozšířené plechové hrdlo, které se umístí do blízkosti koncovky výfukového potrubí a zapne ventilátor, který pomáhá odvodu výfukových zplodin, aby se neshromažďovaly v prostoru zkušebny a nedošlo by například k otravě.



Obr. 32 – odsávací systém

3.1.1.8. Ventilační systém

Slouží k přívodu čerstvého vzduchu z okolí do zkušebny.



Obr. 33 – ventilační systém

3.1.2. Podmínky při měření

Před začátkem měření musí být vozidlo suché, především pneumatiky, které musí být nahuštěny na předepsaný tlak, z důvodu prokluzu hnacích kol na válcích. Jestliže je vozidlo vybaveno protiskluzovým či stabilizačním systémem, je nutné jej deaktivovat, aby tyto systémy neovlivnily průběh a výsledky zkoušky. Klimatizace, rádio a všechna elektronická zařízení musí být při měření vypnuta.

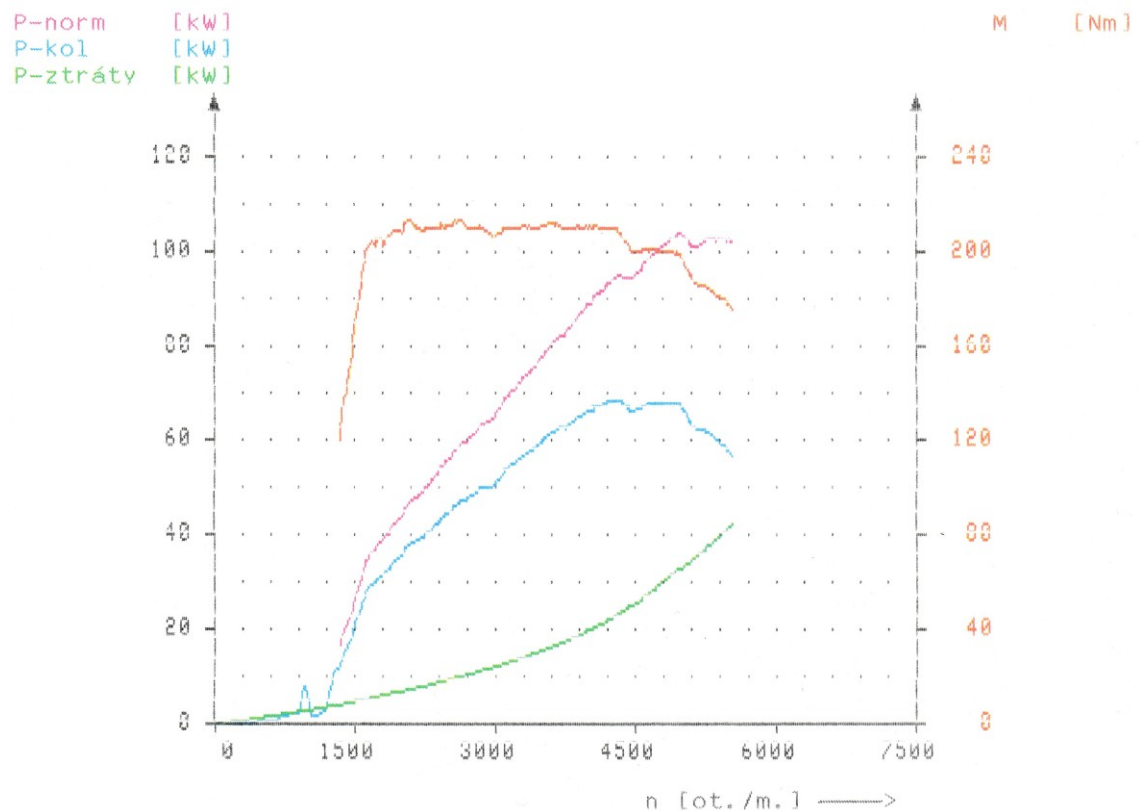
3.1.3. Příprava před měřením

Vozidlem opatrně najedu na válce a bez připevněných popruhů vyzkouším pomalou jízdou směrovou stabilitu vozidla. Vykazuje-li vozidlo směrovou nestabilitu, sjedu vozidlem z válců a opětovně najedu na válce a pokusím se tuto nestabilitu eliminovat. V případě dostatečného ustanovení vozidlo připevním popruhy k tažnému oku vozidla a k podlaze zkušebny. Popruhy musí být dostatečně napnuty, ale nesmí stahovat automobil k zemi. Volné konce popruhů zajistím tak, aby se během zkoušky nedostaly do kontaktu s koly, válci a ventilátorem, který umístím přibližně 1m před vozidlo. Zařízení pro odsávání výfukových zplodin přistavím ke koncovce výfuku. Aby nedošlo ke zkreslení výsledků a opotřebení motoru, musím zahřát všechny provozní kapaliny vozidla před započítáním zkoušky. Provozní teploty dosáhnu buď jízdou vozidlem před ustavením na zkušební válce nebo přímo na zkušebních válcích pomocí funkcí válcové zkušebny, kde se provede testovací jízda, při které se zahřejí všechny provozní kapaliny.

3.1.4. Postup měření

V mém případě budu zjišťovat výkonovou charakteristiku v celém spektru otáček, proto použiji kontinuální měření výkonu. Vozidlo nastartuji a uvedu do plynulého pohybu a řadím až do předposledního rychlostního stupně, aniž bych přesáhl rychlost $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, při které začíná měření. Při předčasném dosažení této rychlosti by se zapnula dříve elektromagnetická brzda a měření by začalo dříve. Po dosažení potřebné rychlosti sešlápnu plynový pedál až do maximálních otáček motoru nebo vhodných otáček. Poté sešlápnu spojkový pedál a počkám, až vozidlo zastaví doběhem, v jehož průběhu přepočítává komunikační pult ztrátový výkon, který po skončení měření připočte ke zjištěnému výkonu na kolech. Na monitoru se po měření zobrazí graf průběhu výkonu v závislosti na otáčkách (obr. 34), na němž jsou zobrazeny následující hodnoty:

- průběh výkonu motoru na kolech (modře)
- průběh výkonu motoru korigovaný dle zvolené normy (červeně)
- průběh točivého momentu motoru (žlutě)
- průběh odporu rotujících hmot (zeleně)



Obr. 34 – graf závislosti výkonu a točivého momentu na otáčkách

Získaný graf je možno vytisknout ve čtyřbarevné jehličkové tiskárně jako protokol o měření, ve kterém jsou uvedeny kromě těchto průběhů následující hodnoty:

- výkon motoru
- ztrátový výkon
- korigovaný výkon
- otáčky při maximálním výkonu
- maximální točivý moment
- otáčky při maximálním točivém momentu
- maximální rychlost
- tlak a teplota vzduchu

3.1.5. Výsledky

Provedl jsem deset měření ve válcové zkušebně, což je dostatečný počet pro relevantní výpočet a vždy po každém měření byl vytisknut protokol o měření. Všechny vytištěné protokoly jsou oskenovány a přiloženy na CD v příloze. Abych byl schopen určit nejistoty a pokračovat dále ve výpočtech, vytvořil jsem tabulku závislosti výkonu na otáčkách po 5 měřeních (tab. 36 a 37) a tabulku závislosti točivého momentu na otáčkách po 5 měřeních (tab. 38 a 39). Počáteční otáčky motoru jednotlivých měření jsou různé, proto jsem v tab. 36 – 39 za ně uvedl hodnotu n_1 , které jsem zobrazil v tab. 34, i koncové otáčky motoru jednotlivých měření jsou různé, proto jsem v tab. 36 – 39 za ně uvedl hodnotu n_{36} , které jsem zobrazil v tab. 35. Závislost maximálního výkonu motoru a maximálního točivého momentu motoru na otáčkách jsem uvedl v tab. 40.

Tab. 34 – počáteční otáčky motoru pro jednotlivá měření

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_1 [s^{-1}]$	22,33	21,50	22,33	22,33	21,67	22,33	21,67	21,67	22,17	21,67
$n_1 [min^{-1}]$	1340	1290	1340	1340	1300	1340	1300	1300	1330	1300

Tab. 35 – koncové otáčky motoru pro jednotlivá měření

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_{36} [s^{-1}]$	92,67	92,67	92,67	92,67	92,33	93,50	92,83	92,83	92,17	91,50
$n_{36} [min^{-1}]$	5560	5560	5560	5560	5540	5610	5570	5570	5530	5490

Tab. 36 – závislost výkonu na otáčkách pro 1. – 5. měření

$n [s^{-1}]$	$n [min^{-1}]$	$P_1 [kW]$	$P_2 [kW]$	$P_3 [kW]$	$P_4 [kW]$	$P_5 [kW]$
n_1	n_1	16,80	11,40	9,00	9,00	9,50
22,92	1375	20,00	16,00	10,50	9,50	12,50
25,00	1500	25,60	25,00	13,00	12,50	16,50
27,08	1625	34,00	34,00	34,00	33,00	26,00
29,17	1750	37,50	38,50	38,00	39,00	38,50
31,25	1875	40,50	41,50	41,00	41,50	41,00
33,33	2000	44,00	44,00	44,00	45,00	45,00
35,42	2125	47,60	47,80	47,50	48,00	48,00
37,50	2250	49,00	49,30	50,00	50,50	50,50
39,58	2375	52,50	52,50	52,00	53,00	53,00
41,67	2500	55,50	54,50	55,00	55,50	55,50
43,75	2625	58,50	58,50	58,50	59,40	59,40
45,83	2750	60,00	62,00	61,50	62,20	62,20
47,92	2875	63,30	63,50	63,50	64,50	64,50
50,00	3000	65,00	66,00	66,00	66,50	66,50
52,08	3125	69,00	69,50	69,50	69,00	70,50

$n [s^{-1}]$	$n [min^{-1}]$	$P_1 [kW]$	$P_2 [kW]$	$P_3 [kW]$	$P_4 [kW]$	$P_5 [kW]$
54,17	3250	71,50	72,00	73,50	71,00	74,00
56,25	3375	74,50	74,50	74,50	75,00	76,00
58,33	3500	77,50	77,50	77,50	78,00	78,50
60,42	3625	81,20	81,60	80,00	80,50	82,80
62,50	3750	82,30	82,50	82,50	83,00	81,00
64,58	3875	85,50	85,50	85,50	86,50	85,00
66,67	4000	89,00	88,00	88,50	89,50	89,50
68,75	4125	91,00	90,50	89,50	90,50	91,50
70,83	4250	93,50	91,80	90,50	92,00	92,50
72,92	4375	94,60	95,00	93,50	95,00	95,50
75,00	4500	94,30	96,50	96,50	96,50	98,00
77,08	4625	98,00	97,50	98,00	98,00	98,50
79,17	4750	100,00	100,00	99,50	99,50	99,50
81,25	4875	102,00	101,50	100,50	102,00	102,00
83,33	5000	103,50	103,00	102,50	104,00	104,00
85,42	5125	100,50	103,50	103,00	104,50	103,00
87,50	5250	102,00	101,00	104,00	101,50	102,00
89,58	5375	102,30	102,00	101,00	100,50	103,50
91,67	5500	102,00	101,00	102,00	102,00	104,00
n_{36}	n_{36}	101,80	100,00	102,00	102,50	105,00

Tab. 37 – závislost výkonu na otáčkách pro 6. – 10. měření

$n [s^{-1}]$	$n [min^{-1}]$	$P_6 [kW]$	$P_7 [kW]$	$P_8 [kW]$	$P_9 [kW]$	$P_{10} [kW]$
n_1	n_1	16,50	10,50	9,00	8,00	8,50
22,92	1375	20,00	18,00	12,00	9,50	15,00
25,00	1500	25,00	23,00	17,00	23,00	23,00
27,08	1625	34,00	29,00	29,00	35,50	35,50
29,17	1750	37,00	38,30	38,50	38,50	38,50
31,25	1875	40,50	41,30	41,50	41,50	41,50
33,33	2000	44,00	44,80	45,00	44,50	45,00
35,42	2125	47,00	48,20	48,50	47,50	48,00
37,50	2250	50,00	51,40	51,00	49,50	49,30
39,58	2375	52,00	53,50	53,80	51,60	52,00
41,67	2500	54,00	56,00	55,60	54,50	56,00
43,75	2625	58,00	59,00	58,50	58,50	59,00
45,83	2750	61,30	62,00	62,00	62,70	63,00
47,92	2875	63,00	64,00	65,00	64,50	65,00
50,00	3000	64,00	66,00	66,00	65,80	67,50
52,08	3125	69,00	69,00	70,00	70,00	68,50
54,17	3250	72,50	72,50	71,50	72,00	72,50
56,25	3375	75,00	75,00	75,50	75,00	75,00
58,33	3500	76,00	76,50	76,50	77,50	77,50
60,42	3625	78,50	82,50	81,00	81,50	81,00
62,50	3750	83,00	83,30	82,00	81,50	82,50
64,58	3875	84,00	83,50	85,50	85,00	86,00
66,67	4000	88,00	88,50	90,00	89,50	89,50
68,75	4125	89,00	90,50	90,50	89,00	91,50
70,83	4250	90,00	91,00	91,50	90,00	93,00
72,92	4375	92,00	94,00	95,00	93,00	96,00

$n [s^{-1}]$	$n [min^{-1}]$	$P_6 [kW]$	$P_7 [kW]$	$P_8 [kW]$	$P_9 [kW]$	$P_{10} [kW]$
75,00	4500	95,00	97,80	98,50	96,00	97,00
77,08	4625	96,00	98,80	98,80	98,00	97,50
79,17	4750	97,00	99,00	99,50	97,50	99,50
81,25	4875	99,00	99,80	100,00	98,00	101,50
83,33	5000	101,00	101,50	101,50	100,00	102,00
85,42	5125	100,00	101,00	101,00	101,00	100,50
87,50	5250	101,50	101,50	102,00	100,00	99,65
89,58	5375	102,00	102,40	102,50	101,00	101,00
91,67	5500	102,50	102,50	101,50	101,00	100,50
n_{36}	n_{36}	102,00	102,00	101,00	-	-

Tab. 38 – závislost točivého momentu na otáčkách pro 1. – 5. měření

$n [s^{-1}]$	$n [min^{-1}]$	$M_{t1} [N \cdot m]$	$M_{t2} [N \cdot m]$	$M_{t3} [N \cdot m]$	$M_{t4} [N \cdot m]$	$M_{t5} [N \cdot m]$
n_1	n_1	119,8	84,4	64,2	64,2	69,8
22,92	1375	139,0	111,2	73,0	66,0	86,9
25,00	1500	163,1	159,2	82,8	79,6	105,1
27,08	1625	199,9	199,9	199,9	194,0	152,9
29,17	1750	204,7	210,2	207,5	212,9	210,2
31,25	1875	206,4	211,5	208,9	211,5	208,9
33,33	2000	210,2	210,2	210,2	215,0	215,0
35,42	2125	214,0	214,9	213,6	215,8	215,8
37,50	2250	208,1	209,3	212,3	214,4	214,4
39,58	2375	211,2	211,2	209,2	213,2	213,2
41,67	2500	212,1	208,3	210,2	212,1	212,1
43,75	2625	212,9	212,9	212,9	216,2	216,2
45,83	2750	208,5	215,4	213,7	216,1	216,1
47,92	2875	210,4	211,0	211,0	214,3	214,3
50,00	3000	207,0	210,2	210,2	211,8	211,8
52,08	3125	211,0	212,5	212,5	211,0	215,5
54,17	3250	210,2	211,7	216,1	208,7	217,5
56,25	3375	210,9	210,9	210,9	212,3	215,1
58,33	3500	211,6	211,6	211,6	212,9	214,3
60,42	3625	214,0	215,1	210,8	212,2	218,2
62,50	3750	209,7	210,2	210,2	211,5	206,4
64,58	3875	210,8	210,8	210,8	213,3	209,6
66,67	4000	212,6	210,2	211,4	213,8	213,8
68,75	4125	210,8	209,6	207,3	209,6	211,9
70,83	4250	210,2	206,4	203,4	206,8	207,9
72,92	4375	206,6	207,5	204,2	207,5	208,6
75,00	4500	200,2	204,9	204,9	204,9	208,1
77,08	4625	202,4	201,4	202,4	202,4	203,5
79,17	4750	201,1	201,1	200,1	200,1	200,1
81,25	4875	199,9	198,9	197,0	199,9	199,9
83,33	5000	197,8	196,8	195,9	198,7	198,7
85,42	5125	187,4	192,9	192,0	194,8	192,0
87,50	5250	185,6	183,8	189,3	184,7	185,6
89,58	5375	181,8	181,3	179,5	178,6	184,0
91,67	5500	177,2	175,4	177,2	177,2	180,7
n_{36}	n_{36}	175,2	172,1	175,6	176,5	180,8

Tab. 39 – závislost točivého momentu na otáčkách pro 6. – 10. měření

n [s^{-1}]	n [min^{-1}]	M_{t6} [$N \cdot m$]	M_{t7} [$N \cdot m$]	M_{t8} [$N \cdot m$]	M_{t9} [$N \cdot m$]	M_{t10} [$N \cdot m$]
n_1	n_1	117,6	76,0	66,1	57,5	62,5
22,92	1375	139,0	125,1	83,4	66,0	104,2
25,00	1500	159,2	146,5	108,3	146,5	146,5
27,08	1625	199,9	170,5	170,5	208,7	208,7
29,17	1750	202,0	209,1	210,2	210,2	210,2
31,25	1875	206,4	210,4	211,5	211,5	211,5
33,33	2000	210,2	214,0	215,0	212,6	215,0
35,42	2125	211,3	216,7	218,1	213,6	215,8
37,50	2250	212,3	218,3	216,6	210,2	209,3
39,58	2375	209,2	215,2	216,4	207,6	209,2
41,67	2500	206,4	214,0	212,5	208,3	214,0
43,75	2625	211,1	214,7	212,9	212,9	214,7
45,83	2750	213,0	215,4	215,4	217,8	218,9
47,92	2875	209,4	212,7	216,0	214,3	216,0
50,00	3000	203,8	210,2	210,2	209,6	215,0
52,08	3125	211,0	211,0	214,0	214,0	209,4
54,17	3250	213,1	213,1	210,2	211,7	213,1
56,25	3375	212,3	212,3	213,7	212,3	212,3
58,33	3500	207,5	208,8	208,8	211,6	211,6
60,42	3625	206,9	217,4	213,5	214,8	213,5
62,50	3750	211,5	212,2	208,9	207,6	210,2
64,58	3875	207,1	205,9	210,8	209,6	212,0
66,67	4000	210,2	211,4	215,0	213,8	213,8
68,75	4125	206,1	209,6	209,6	206,1	211,9
70,83	4250	202,3	204,6	205,7	202,3	209,1
72,92	4375	200,9	205,3	207,5	203,1	209,6
75,00	4500	201,7	207,6	209,1	203,8	205,9
77,08	4625	198,3	204,1	204,1	202,4	201,4
79,17	4750	195,1	199,1	200,1	196,1	200,1
81,25	4875	194,0	195,6	196,0	192,1	198,9
83,33	5000	193,0	193,9	193,9	191,1	194,9
85,42	5125	186,4	188,3	188,3	188,3	187,4
87,50	5250	184,7	184,7	185,6	182,0	181,3
89,58	5375	181,3	182,0	182,2	179,5	179,5
91,67	5500	178,1	178,1	176,3	175,4	174,6
n_{36}	n_{36}	175,6	175,6	173,9	-	-

Tab. 40 – závislost maximálního výkonu a maximálního točivého momentu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{\max} [kW]	104,5	104,5	105	104	105	102,5	103,5	103	102,5	103,5
M_{\max} [$N \cdot m$]	214	215	216	216	218	213	218	217	218	219
$n_{P_{\max}}$ [min^{-1}]	5000	5160	5210	5020	5510	5500	5430	5330	5530	4930
$n_{M_{\max}}$ [min^{-1}]	2080	2840	3210	2160	3630	2680	2150	2100	2800	2810

$n_{P_{\max}}$ – otáčky motoru při maximálním výkonu [min^{-1}]

$n_{M_{\max}}$ – otáčky motoru při maximálním točivém momentu [min^{-1}]

4. Vyhodnocení měření

Získané hodnoty z protokolů o měření vyhodnotím a zpracuji pro další postup výpočtů.

Maximální výkon je korigován v závislosti na zvolené normě, kterou jsem nastavil na komunikačním pultu.

Zkušebna disponuje těmito korekcemi:

- dle normy DIN 70020
- dle normy ISO 1585
- dle směrnice 80/1269/ES
- dle směrnice ECE – R 85

Použiji normu DIN 70020, která je vydána Německým ústavem pro průmyslovou normalizaci. Tato norma nebere ohled na změny vlhkosti vzduchu, obsahuje pouze referenční hodnoty a vzorec pro výpočet korekce, $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$ a $T_0 = 293 \text{ K}$. [4]

$$\alpha = \left(\frac{p}{p_0} \right) = \left(\frac{T_0}{T} \right)^{0,5} \quad [-] \quad (15)$$

α – korekční součinitel [-]

p_0 – referenční tlak [kPa]

T_0 – referenční teplota [K]

T – absolutní hodnota teploty nasávaného vzduchu [K]

4.1. Statické nástroje pro vyhodnocení měření

„Výstupy získané z protokolů o měření musí být v rámci srozumitelnosti a interpretace výsledků měření statisticky zpracovány. V tomto zpracování dojde k započtení chyb způsobených jak obsluhou, tak přístroji použitými při měření. Výsledné hodnoty určí oblast hodnot, ve kterých se s určitou pravděpodobností pohybují naměřené výsledky. Základem pro správné vyhodnocení je vyloučení hrubých a systematických chyb“. [4]

4.1.1. Standardní nejistota typu A

„Tato nejistota je dána měřením. Její příčiny nejsou známy, hodnoty nejistoty typu A klesá s počtem měření. Je vyjádřena standardní odchylkou od aritmetického průměru.

V našem případě je počet deseti měření postačující pro relevantní výpočet této nejistoty. Nejdříve je potřeba spočítat aritmetický průměr pro výkon P a točivý moment M a to podle vzorců:“ [4]

- pro výkon motoru

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad [\text{kW}] \quad (16)$$

\bar{P} – aritmetický průměr výkonu motoru [kW]

P_i – i -tý výkon motoru [kW]

n – počet měření [-]

Stejným vzorcem spočítám aritmetický průměr pro maximální výkon.

- pro otáčky motoru

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{n} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (17)$$

\bar{n} – aritmetický průměr otáček motoru [min^{-1}]

n_i – i -té otáčky motoru [min^{-1}]

Pomocí stejného vzorce spočítám aritmetický průměr otáček při maximálním výkonu a při maximálním točivém momentu.

- pro točivý moment motoru

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad [\text{N}\cdot\text{m}] \quad (18)$$

\bar{M} – aritmetický průměr točivého momentu motoru [$\text{N}\cdot\text{m}$]

M_i – i -tý točivý moment motoru [$\text{N}\cdot\text{m}$]

Pomocí stejného vzorce spočítám aritmetický průměr pro maximální točivý moment.

- standardní nejistota typu A

$$u_A(P) = \sigma(\bar{P}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{(n-1)}} \quad [\text{kW}] \quad (20)$$

$u_A(P)$ – standardní nejistota typu A [kW]

$\sigma(\bar{P})$ – rozptyl aritmetického průměru [kW]

\bar{P} – aritmetický průměr výkonu motoru [kW]

P_i – i-tý výkon motoru [kW]

n – počet měření [-]

Pomocí stejného vzorce se tato nejistota vypočítá i pro maximální výkon, točivý moment, maximální točivý moment, pro otáčky, pro otáčky při maximálním výkonu a pro otáčky při maximálním točivém momentu motoru. [4]

4.1.2. Standardní nejistota typu B

„Vznik této nejistoty je dán nepřesností měřicího přístroje, tato nepřesnost se přímo přenáší do výsledků měření. Přesnost měřicího přístroje je uváděna v dokumentaci a vyjadřuje nejistotu měření, s níž se musí při vyhodnocení počítat. Hodnotu této nejistoty lze vyjádřit pomocí těchto vztahů:“ [4]

$$TP = \pm 2 \% = 4, M = 260 \text{ kW}, N = 9990 \text{ min}^{-1}$$

- pro výkon motoru

$$u_B(P) = \frac{TP}{100} \cdot M \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \quad [\text{kW}] \quad (21)$$

$u_A(P)$ – standardní nejistota typu B [kW]

TP – třída přesnosti měření [-]

M – nejvyšší hodnota měřicího rozsahu [kW]

- pro otáčky motoru

$$u_B(n) = \frac{TP}{100} \cdot N \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \quad [\text{min}^{-1}] \quad (22)$$

$u_A(n)$ – standardní nejistota typu B [min^{-1}]

N – nejvyšší hodnota měřicího rozsahu [min^{-1}]

- pro točivý moment motoru

V mém případě je na válcích brzdny moment vytvářen pomocí vířivých proudů, brzdny výkon se tedy rovná:

$$P = U \cdot I \quad [\text{kW}] \quad (23)$$

Jestliže za hodnotu P dosadím standardní nejistotu typu B pro výkon a za předpokladu, že $U = I$ bude nejistota typu B pro točivý moment dána vztahem [4]:

$$u_B(M) = \sqrt{u_B(P)} \quad [\text{N}\cdot\text{m}] \quad (24)$$

$u_B(M)$ – standardní nejistota typu B $[\text{N}\cdot\text{m}]$

4.1.3. Kombinovaná standardní nejistota

V jakém rozptylu od aritmetického průměru se nacházejí naměřená data, vyjadřuje kombinovaná nejistota. Pomocí uvedených vzorců určím dolní mez intervalu a horní mez intervalu hodnot pro danou veličinu.

$$u_C(P) = \sqrt{u_A^2(P) + u_B^2(P)} \quad [\text{kW}] \quad (25)$$

$u_C(P)$ – kombinovaná standardní nejistota $[\text{kW}]$

$u_A(P)$ – standardní nejistota typu A $[\text{kW}]$

$u_B(P)$ – standardní nejistota typu B $[\text{kW}]$

$$DMI = \bar{P} - \frac{u_C(P)}{2} \quad [\text{kW}] \quad (26)$$

DMI – dolní mez intervalu výkonu motoru $[\text{kW}]$

$$HMI = \bar{P} + \frac{u_C(P)}{2} \quad [\text{kW}] \quad (27)$$

HMI – horní mez intervalu výkonu motoru $[\text{kW}]$

Pomocí stejných vzorců vyjádřím dolní a horní meze intervalu pro hodnoty maximálního výkonu, točivého momentu, maximálního točivého momentu, pro otáčky, pro otáčky při maximálním výkonu a pro otáčky při maximálním točivém momentu. [4]

4.2. Zhodnocení

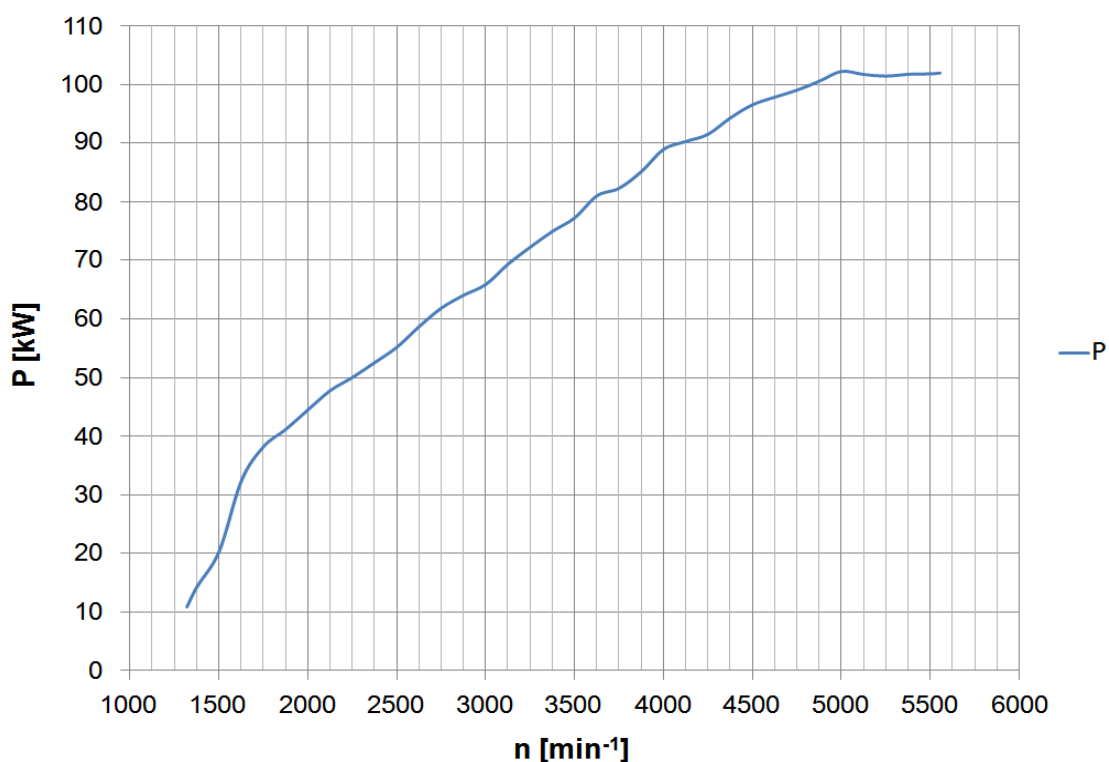
Pomocí výše uvedených vzorců vypočítám z tab. 36 – 39 průměrný výkon a průměrný točivý moment v závislosti na průměrných otáčkách (tab. 41).

Tab. 41 – závislost průměrného výkonu a průměrného točivého momentu na průměrných otáčkách

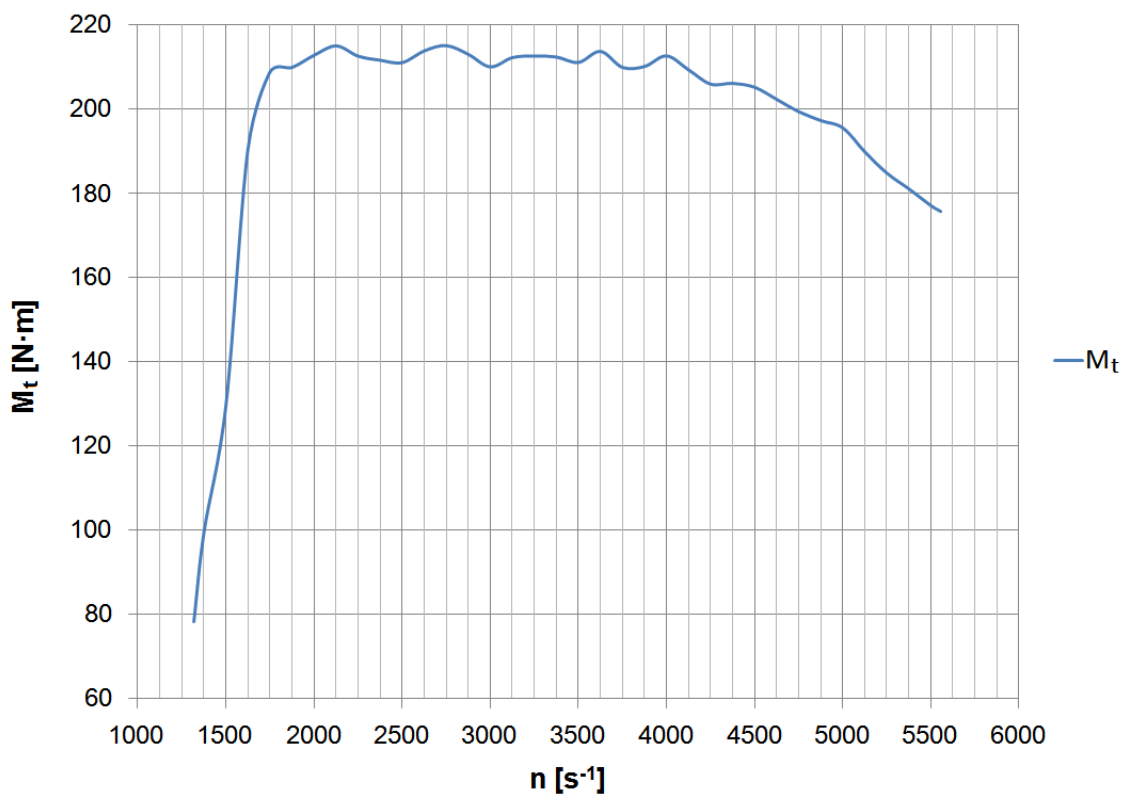
n [min ⁻¹]	P [kW]	M _t [N·m]
1318	10,82	78,2
1375	14,30	99,4
1500	20,36	129,7
1625	32,40	190,5
1750	38,23	208,7
1875	41,18	209,8
2000	44,53	212,7
2125	47,81	215,0
2250	50,05	212,5
2375	52,59	211,6
2500	55,21	211,0
2625	58,73	213,8
2750	61,89	215,0
2875	64,08	212,9
3000	65,93	210,0
3125	69,40	212,2
3250	72,30	212,5
3375	75,00	212,3
3500	77,30	211,0
3625	81,06	213,6
3750	82,36	209,8
3875	85,20	210,1
4000	89,00	212,6
4125	90,35	209,3
4250	91,58	205,9
4375	94,36	206,1
4500	96,61	205,1
4625	97,91	202,3
4750	99,10	199,3
4875	100,63	197,2
5000	102,30	195,5
5125	101,80	189,8
5250	101,52	184,7
5375	101,82	181,0
5500	101,90	177,0
5555	102,04	175,7

Z vypočtených hodnot sestrojím graf závislosti výkonu na otáčkách (obr. 35) a graf závislosti točivého momentu na otáčkách (obr. 36).

Maximální průměrný výkon motoru je 103,8 kW při průměrných 5299 otáčkách za minutu a maximální průměrný točivý moment motoru je 216,1 N·m při průměrných 2628 otáčkách za minutu.



Obr. 35 – graf závislosti výkonu na otáčkách



Obr. 36 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách

Nyní mohu vypočíst standardní nejistotu typu A, typu B a kombinovanou nejistotu pro výkon a točivý moment (tab. 42).

Tab. 42 – nejistota typu A, typu B a kombinovaná nejistota pro výkon a točivý moment

$u_a(P)$ [kW]	$u_a(M)$ [N·m]	$u_b(P)$ [kW]	$u_b(M)$ [N·m]	$u_c(P)$ [kW]	$u_c(M)$ [N·m]
3,22	22,65	6,00	2,45	6,81	22,78
4,10	28,47			7,27	28,58
5,09	32,45			7,87	32,54
3,23	18,99			6,82	19,15
0,58	3,18			6,03	4,02
0,41	2,09			6,02	3,22
0,48	2,30			6,02	3,36
0,43	1,91			6,02	3,11
0,79	3,37			6,06	4,17
0,72	2,90			6,05	3,79
0,68	2,60			6,04	3,57
0,45	1,65			6,02	2,95
0,83	2,88			6,06	3,78
0,72	2,40			6,05	3,43
0,93	2,95			6,08	3,84
0,61	1,88			6,04	3,09
0,92	2,70			6,07	3,65
0,47	1,33			6,02	2,79
0,75	2,05			6,05	3,20
1,23	3,24			6,13	4,06
0,71	1,80			6,05	3,04
0,89	2,19			6,07	3,29
0,71	1,69			6,05	2,98
0,91	2,12			6,07	3,24
1,21	2,73			6,13	3,67
1,23	2,68			6,13	3,63
1,31	2,78			6,15	3,70
0,81	1,68			6,06	2,97
1,02	2,06			6,09	3,20
1,41	2,76			6,17	3,69
1,34	2,56			6,15	3,54
1,55	2,89			6,20	3,79
1,20	2,18			6,12	3,28
0,92	1,64			6,08	2,95
0,99	1,73			6,09	3,00
3,65	6,29			7,03	6,75

$u_a(P)$ – standardní nejistota typu A pro výkon motoru

$u_a(M)$ – standardní nejistota typu A pro točivý moment motoru

$u_b(P)$ – standardní nejistota typu B pro výkon motoru

$u_b(M)$ – standardní nejistota typu B pro točivý moment motoru

$u_c(P)$ – kombinovaná standardní nejistota pro výkon motoru

$u_c(M)$ – kombinovaná standardní nejistota pro točivý moment motoru

Dopóctu dolní a horní meze intervalu pro výkon a točivý moment (tab. 43).

Tab. 43 – dolní a horní meze intervalu pro výkon a točivý moment

DMI (P) [kW]	HMI (P) [kW]	DMI (M) [N·m]	HMI (M) [N·m]
7,41	14,23	66,82	89,60
12,25	16,35	85,13	113,60
17,81	22,91	113,46	145,91
30,78	34,02	181,00	199,99
37,94	38,52	207,13	210,31
40,97	41,39	208,79	210,88
44,29	44,77	211,57	213,87
47,60	48,02	214,00	215,91
49,65	50,45	210,84	214,21
52,23	52,95	210,11	213,01
54,87	55,55	209,69	212,29
58,50	58,96	212,93	214,58
61,48	62,30	213,58	216,46
63,72	64,44	211,75	214,15
65,47	66,39	208,49	211,44
69,09	69,71	211,24	213,12
71,84	72,76	211,19	213,89
74,76	75,24	211,65	212,98
76,92	77,68	209,98	212,04
80,45	81,67	212,02	215,26
82,01	82,71	208,94	210,73
84,76	85,64	208,97	211,16
88,65	89,35	211,74	213,42
89,89	90,81	208,21	210,32
90,97	92,19	204,51	207,24
93,75	94,97	204,72	207,40
95,96	97,26	203,73	206,51
97,50	98,32	201,42	203,10
98,59	99,61	198,30	200,36
99,93	101,33	195,84	198,60
101,63	102,97	194,20	196,76
101,03	102,57	188,33	191,22
100,92	102,11	183,65	185,83
101,36	102,28	180,17	181,81
101,40	102,40	176,15	177,88
100,21	103,86	172,51	178,80

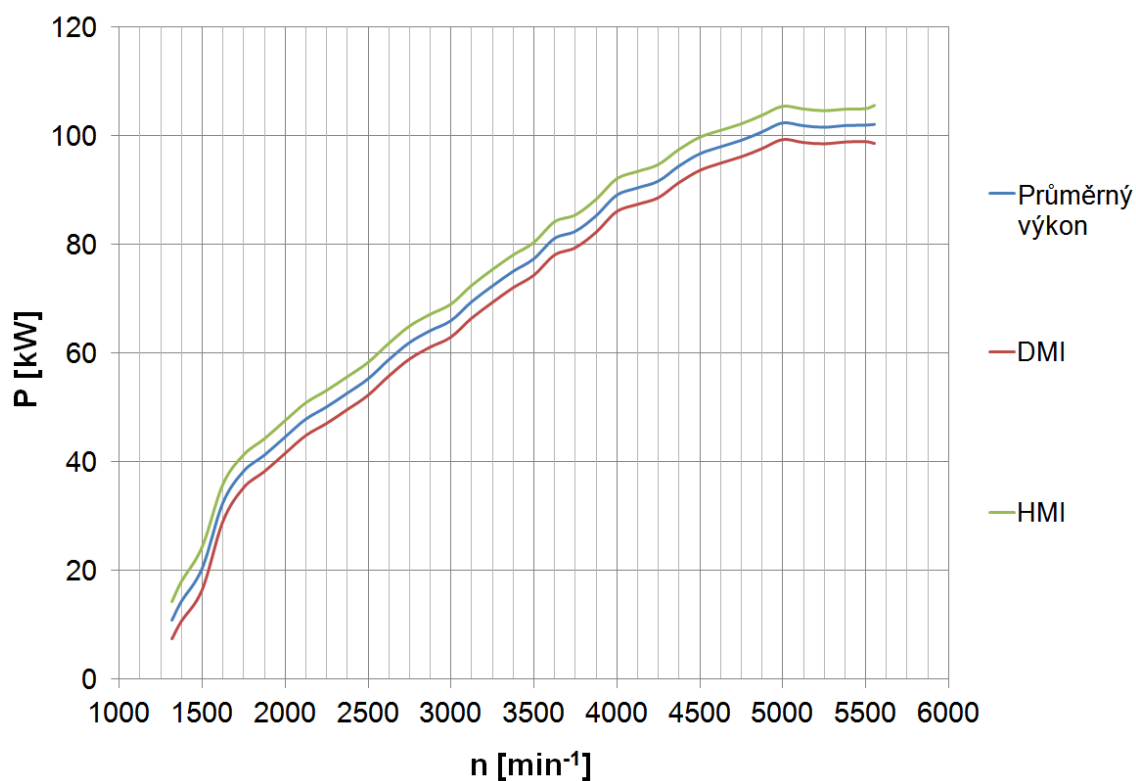
DMI (P) – dolní mez intervalu pro výkon motoru

HMI (P) – horní mez intervalu pro výkon motoru

DMI (M) – dolní mez intervalu pro točivý moment motoru

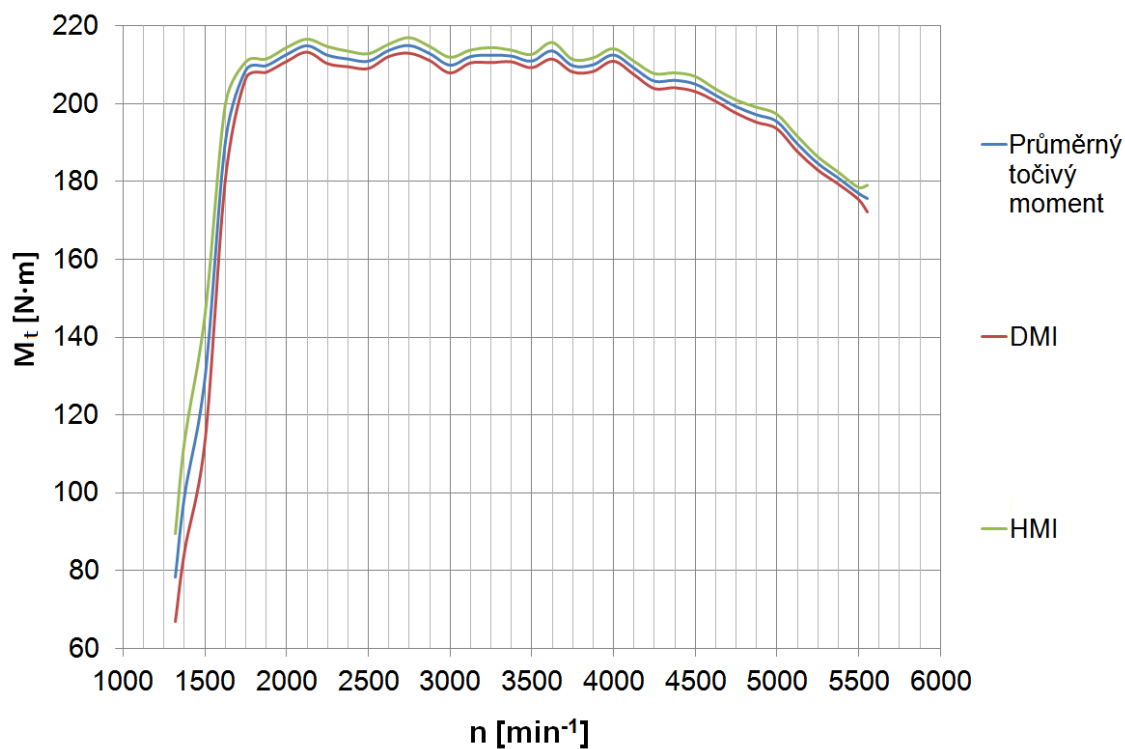
HMI (M) – horní mez intervalu pro točivý moment motoru

Sestrojím graf závislosti výkonu na otáčkách i s hodnotami DMI a HMI (obr. 37).



Obr. 37 – graf závislosti výkonu na otáčkách s DMI a HMI

Sestrojím graf závislosti točivého momentu na otáčkách i s hodnotami DMI a HMI (obr. 38).



Obr. 38 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI

4.3. Výpočet charakteristik

Pro výpočet charakteristik, uváděných v úvodu, použijí hodnoty z tab. 1 – 3 a 41.

Pro vstupní parametry musím vypočítat odpovídající hodnoty (tab. 44 – 49):

- hnací síly na kolech vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních
- rychlosti vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních
- odporu vzduchu při zařazených jednotlivých převodových stupních
- měrné hnací síly při zařazených jednotlivých převodových stupních
- součinitele odporu valení při zařazených jednotlivých převodových stupních
- zrychlení vozidla při zařazených jednotlivých převodových stupních

Tab. 44 – vypočtené hodnoty při zařazeném I. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
I. převodový stupeň	21,97	78,2	3510	10,0	2,77	3,2	0,012	0,223	1,385	0,722
	22,92	99,4	4459	10,4	2,89	3,5	0,012	0,284	1,782	0,561
	27,08	190,5	8549	12,3	3,41	4,9	0,012	0,544	3,489	0,287
	31,25	209,8	9417	14,2	3,93	6,6	0,012	0,599	3,851	0,260
	35,42	215,0	9647	16,1	4,46	8,4	0,012	0,613	3,946	0,253
	39,58	211,6	9495	17,9	4,98	10,5	0,012	0,603	3,881	0,258
	43,75	213,8	9593	19,8	5,51	12,9	0,012	0,610	3,922	0,255
	47,92	212,9	9557	21,7	6,03	15,5	0,012	0,607	3,905	0,256
	52,08	212,2	9523	23,6	6,56	18,3	0,012	0,605	3,890	0,257
	56,25	212,3	9529	25,5	7,08	21,3	0,012	0,605	3,891	0,257
	60,42	213,6	9588	27,4	7,61	24,6	0,012	0,609	3,914	0,255
	64,58	210,1	9428	29,3	8,13	28,1	0,012	0,598	3,846	0,260
	68,75	209,3	9392	31,2	8,66	31,8	0,012	0,596	3,829	0,261
	72,92	206,1	9248	33,0	9,18	35,8	0,012	0,586	3,768	0,265
	77,08	202,3	9077	34,9	9,70	40,0	0,012	0,575	3,695	0,271
	81,25	197,2	8851	36,8	10,23	44,4	0,012	0,560	3,598	0,278
	85,42	189,8	8517	38,7	10,75	49,1	0,012	0,539	3,457	0,289
	89,58	181,0	8123	40,6	11,28	54,0	0,012	0,513	3,290	0,304
	92,50	175,7	7883	41,9	11,64	57,6	0,012	0,498	3,189	0,314

Tab. 45 – vypočtené hodnoty při zařazeném II. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
II. převodový stupeň	21,97	78,2	1891	18,5	5,13	11,2	0,012	0,120	0,772	1,295
	22,92	99,4	2402	19,3	5,36	12,2	0,012	0,152	1,005	0,995
	27,08	190,5	4605	22,8	6,33	17,0	0,012	0,292	2,009	0,498
	31,25	209,8	5073	26,3	7,30	22,7	0,012	0,321	2,220	0,450
	35,42	215,0	5197	29,8	8,28	29,1	0,012	0,329	2,274	0,440
	39,58	211,6	5115	33,3	9,25	36,3	0,012	0,323	2,233	0,448
	43,75	213,8	5168	36,8	10,22	44,4	0,012	0,326	2,253	0,444
	47,92	212,9	5148	40,3	11,20	53,3	0,012	0,324	2,240	0,446
	52,08	212,2	5130	43,8	12,17	62,9	0,012	0,322	2,227	0,449
	56,25	212,3	5133	47,3	13,15	73,4	0,012	0,322	2,224	0,450
	60,42	213,6	5165	50,8	14,12	84,7	0,012	0,323	2,234	0,448
	64,58	210,1	5079	54,3	15,09	96,8	0,012	0,317	2,189	0,457
	68,75	209,3	5059	57,8	16,07	109,6	0,012	0,315	2,174	0,460
	72,92	206,1	4982	61,3	17,04	123,3	0,012	0,309	2,132	0,469
	77,08	202,3	4890	64,9	18,01	137,8	0,012	0,302	2,084	0,480
	81,25	197,2	4768	68,4	18,99	153,1	0,012	0,294	2,021	0,495
	85,42	189,8	4588	71,9	19,96	169,2	0,012	0,281	1,932	0,518
	89,58	181,0	4375	75,4	20,94	186,2	0,012	0,267	1,827	0,547
	92,50	175,7	4247	77,8	21,62	198,5	0,012	0,258	1,762	0,567

Tab. 46 – vypočtené hodnoty při zařazeném III. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
III. převodový stupeň	21,97	78,2	1241	28,2	7,82	26,0	0,012	0,077	0,501	1,998
	22,92	99,4	1577	29,4	8,16	28,3	0,012	0,099	0,663	1,508
	27,08	190,5	3023	34,7	9,64	39,5	0,012	0,190	1,363	0,734
	31,25	209,8	3330	40,1	11,13	52,6	0,012	0,209	1,506	0,664
	35,42	215,0	3411	45,4	12,61	67,5	0,012	0,213	1,539	0,650
	39,58	211,6	3357	50,7	14,09	84,4	0,012	0,208	1,504	0,665
	43,75	213,8	3392	56,1	15,58	103,0	0,012	0,209	1,512	0,661
	47,92	212,9	3379	61,4	17,06	123,6	0,012	0,207	1,496	0,669
	52,08	212,2	3367	66,8	18,54	146,0	0,012	0,205	1,479	0,676
	56,25	212,3	3369	72,1	20,03	170,3	0,012	0,204	1,468	0,681
	60,42	213,6	3390	77,4	21,51	196,5	0,012	0,203	1,466	0,682
	64,58	210,1	3334	82,8	22,99	224,5	0,012	0,198	1,423	0,703
	68,75	209,3	3321	88,1	24,48	254,5	0,013	0,195	1,399	0,715
	72,92	206,1	3270	93,5	25,96	286,2	0,013	0,190	1,355	0,738
	77,08	202,3	3210	98,8	27,44	319,9	0,013	0,184	1,306	0,766
	81,25	197,2	3130	104,1	28,93	355,4	0,014	0,177	1,247	0,802
	85,42	189,8	3012	109,5	30,41	392,8	0,014	0,167	1,168	0,857
	89,58	181,0	2872	114,8	31,89	432,0	0,015	0,155	1,077	0,928
	92,50	175,7	2787	118,6	32,93	460,6	0,015	0,148	1,020	0,981

Tab. 47 – vypočtené hodnoty při zařazeném IV. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
IV. převodový stupeň	21,97	78,2	941	37,2	10,32	45,2	0,012	0,057	0,405	2,469
	22,92	99,4	1195	38,8	10,77	49,2	0,012	0,073	0,549	1,823
	27,08	190,5	2291	45,8	12,72	68,8	0,012	0,141	1,166	0,858
	31,25	209,8	2523	52,9	14,68	91,5	0,012	0,155	1,286	0,778
	35,42	215,0	2585	59,9	16,64	117,6	0,012	0,157	1,306	0,766
	39,58	211,6	2544	66,9	18,60	146,9	0,012	0,153	1,266	0,790
	43,75	213,8	2571	74,0	20,55	179,4	0,012	0,152	1,263	0,792
	47,92	212,9	2561	81,0	22,51	215,2	0,012	0,149	1,236	0,809
	52,08	212,2	2552	88,1	24,47	254,3	0,013	0,146	1,203	0,831
	56,25	212,3	2553	95,1	26,43	296,6	0,013	0,144	1,175	0,851
	60,42	213,6	2569	102,2	28,39	342,2	0,014	0,142	1,153	0,867
	64,58	210,1	2526	109,2	30,34	391,0	0,014	0,136	1,095	0,913
	68,75	209,3	2517	116,3	32,30	443,1	0,015	0,132	1,055	0,948
	72,92	206,1	2478	123,3	34,26	498,4	0,015	0,126	0,996	1,004
	77,08	202,3	2432	130,4	36,22	557,0	0,016	0,119	0,931	1,074
	81,25	197,2	2372	137,4	38,17	618,9	0,016	0,112	0,856	1,168
	85,42	189,8	2282	144,5	40,13	684,0	0,017	0,102	0,763	1,311
	89,58	181,0	2177	151,5	42,09	752,3	0,018	0,091	0,658	1,520
	92,50	175,7	2112	156,5	43,46	802,1	0,018	0,083	0,589	1,697

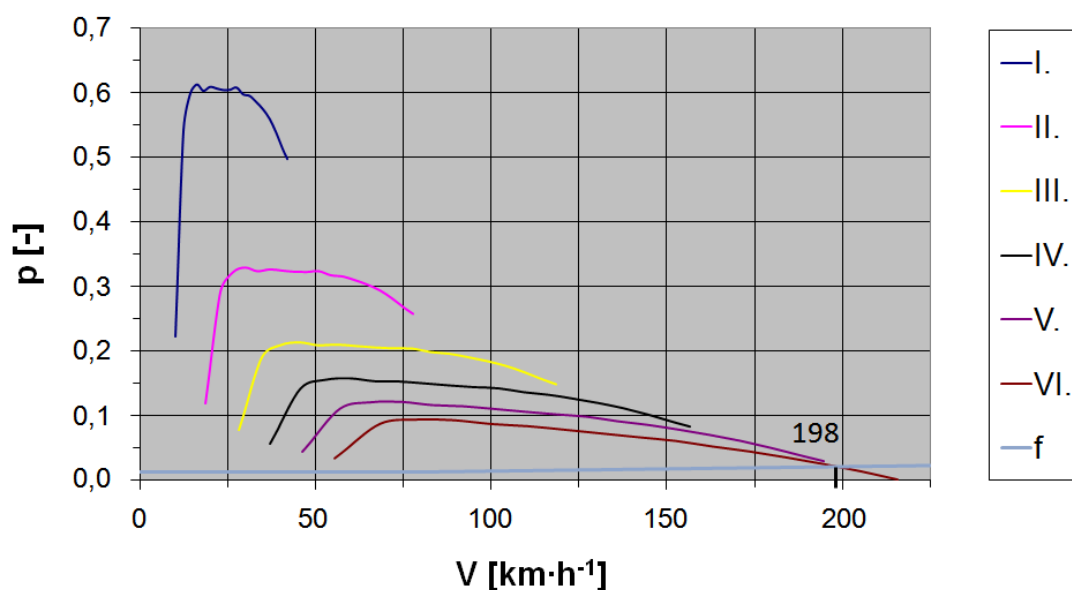
Tab. 48 – vypočtené hodnoty při zařazeném V. převodovém stupni

	n	M _t	F _k	V	v	O _v	f	p	a	1/a
V. převodový stupeň	21,97	78,2	756	46,2	12,83	70,0	0,012	0,044	0,291	3,437
	22,92	99,4	961	48,2	13,39	76,1	0,012	0,056	0,407	2,458
	27,08	190,5	1842	57,0	15,82	106,3	0,012	0,110	0,904	1,106
	31,25	209,8	2029	65,7	18,26	141,6	0,012	0,120	0,993	1,007
	35,42	215,0	2079	74,5	20,69	181,9	0,012	0,121	0,998	1,002
	39,58	211,6	2046	83,3	23,13	227,2	0,012	0,116	0,950	1,052
	43,75	213,8	2067	92,0	25,56	277,5	0,013	0,114	0,927	1,079
	47,92	212,9	2059	100,8	28,00	332,9	0,014	0,110	0,884	1,131
	52,08	212,2	2052	109,5	30,43	393,3	0,014	0,106	0,838	1,193
	56,25	212,3	2053	118,3	32,86	458,7	0,015	0,101	0,794	1,259
	60,42	213,6	2066	127,1	35,30	529,2	0,016	0,098	0,754	1,326
	64,58	210,1	2031	135,8	37,73	604,7	0,016	0,091	0,684	1,463
	68,75	209,3	2024	144,6	40,17	685,2	0,017	0,085	0,626	1,598
	72,92	206,1	1993	153,4	42,60	770,8	0,018	0,078	0,551	1,814
	77,08	202,3	1956	162,1	45,04	861,4	0,018	0,070	0,471	2,125
	81,25	197,2	1907	170,9	47,47	957,1	0,019	0,060	0,380	2,632
	85,42	189,8	1835	179,7	49,91	1057,8	0,020	0,049	0,273	3,666
	89,58	181,0	1750	188,4	52,34	1163,5	0,020	0,037	0,155	6,451
	92,50	175,7	1699	194,6	54,04	1240,5	0,021	0,029	0,075	13,249

Tab. 49 – vypočtené hodnoty při zařazeném VI. převodovém stupni

	n	M_t	F_k	V	v	O_v	f	p	a	1/a
VI. převodový stupeň	21,97	78,2	630	55,4	15,40	100,7	0,012	0,034	0,202	4,953
	22,92	99,4	801	57,8	16,07	109,6	0,012	0,044	0,298	3,360
	27,08	190,5	1535	68,4	18,99	153,1	0,012	0,088	0,707	1,415
	31,25	209,8	1691	78,9	21,91	203,9	0,012	0,095	0,769	1,300
	35,42	215,0	1732	89,4	24,83	261,9	0,013	0,094	0,752	1,329
	39,58	211,6	1705	99,9	27,75	327,1	0,014	0,088	0,690	1,450
	43,75	213,8	1723	110,4	30,67	399,6	0,014	0,084	0,650	1,539
	47,92	212,9	1716	120,9	33,60	479,3	0,015	0,079	0,591	1,692
	52,08	212,2	1710	131,5	36,52	566,3	0,016	0,073	0,528	1,893
	56,25	212,3	1711	142,0	39,44	660,6	0,017	0,067	0,465	2,149
	60,42	213,6	1722	152,5	42,36	762,0	0,018	0,061	0,404	2,475
	64,58	210,1	1693	163,0	45,28	870,8	0,018	0,052	0,315	3,176
	68,75	209,3	1686	173,5	48,20	986,8	0,019	0,045	0,235	4,260
	72,92	206,1	1661	184,0	51,12	1110,0	0,020	0,035	0,139	7,202
	77,08	202,3	1630	194,6	54,04	1240,5	0,021	0,025	0,036	27,941
	81,25	197,2	1589	205,1	56,97	1378,2	0,022	0,013	-0,077	-12,907
	85,42	189,8	1529	215,6	59,89	1523,2	0,023	0,000	-0,206	-4,843
	89,58	181,0	1458	226,1	62,81	1675,4	0,023	-0,014	-0,346	-2,888
	92,50	175,7	1416	233,5	64,85	1786,3	0,024	-0,024	-0,443	-2,259

V tab. 49 jsem zvýraznil záporné hodnoty p, a a 1/a, to značí, že F_k je menší než O_v a tím vozidlo zpomaluje, i přes zvyšující se otáčky. Z vypočtených hodnot sestrojím charakteristiku měrné hnací síly vozidla p (V) (obr. 39).

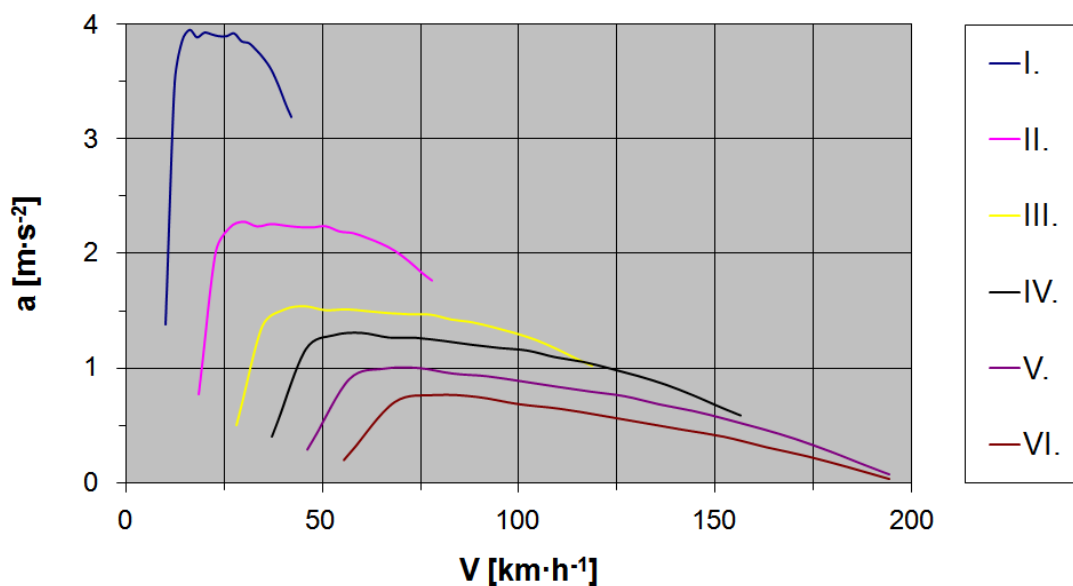


Obr. 39 – charakteristika měrné hnací síly vozidla p (V)

Skutečnou maximální rychlost V_{\max} určím z charakteristiky měrné hnací síly jako průsečík křivky $f(V)$ a křivky měrné hnací síly nejvyššího převodového stupně (obr. 39).

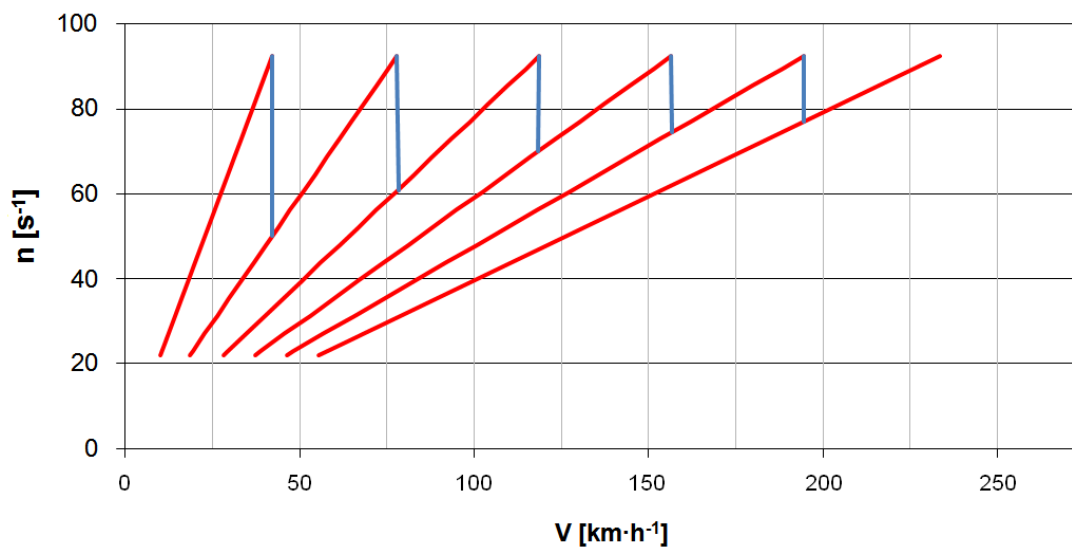
$$V_{\max} = 198 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

Z vypočtených hodnot sestrojím graf charakteristiky zrychlení vozidla $a(V)$ (obr. 40).



Obr. 40 – graf charakteristiky zrychlení vozidla $a(V)$

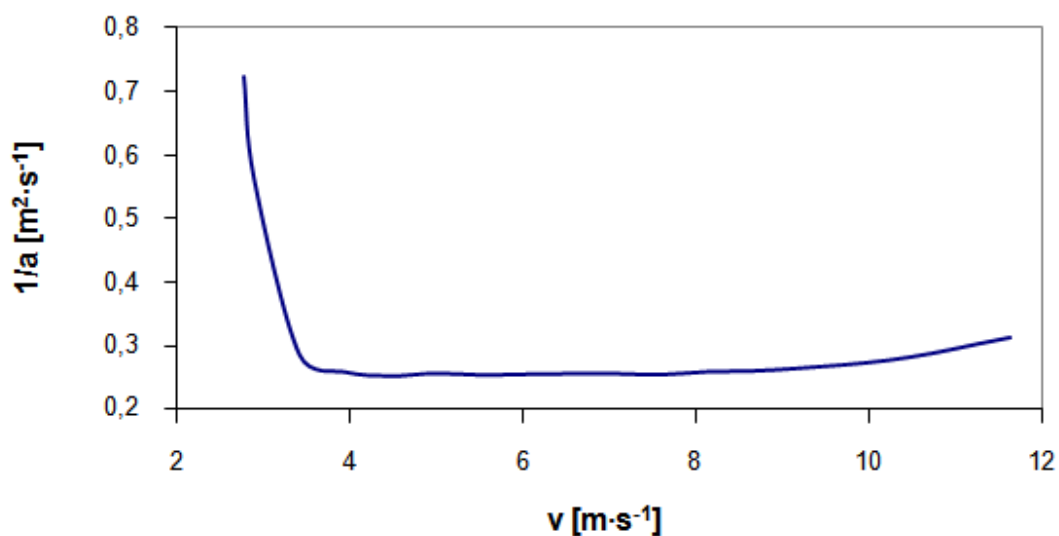
Z vypočtených hodnot sestrojím kinematickou charakteristiku vozidla (pilový diagram) (obr. 41).



Obr. 41 – kinematická charakteristika (pilový diagram)

Z hodnot (tab. 44 – 49) graficky znázorním závislost $1/a$ (v) na jednotlivé převodové stupně (obr. 42 – 47).

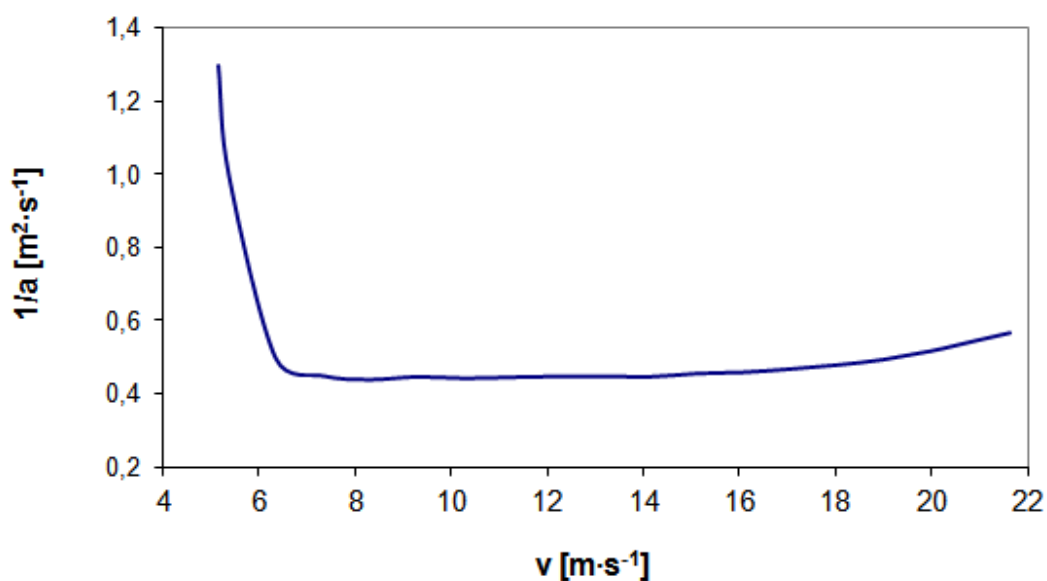
Pro grafickou integraci určím plochu pod křivkou (tab. 50 – 55).



Obr. 42 – funkce $1/a$ (v) pro I. převodový stupeň

Tab. 50 – vypočtená plocha pod křivkou pro I. převodový stupeň

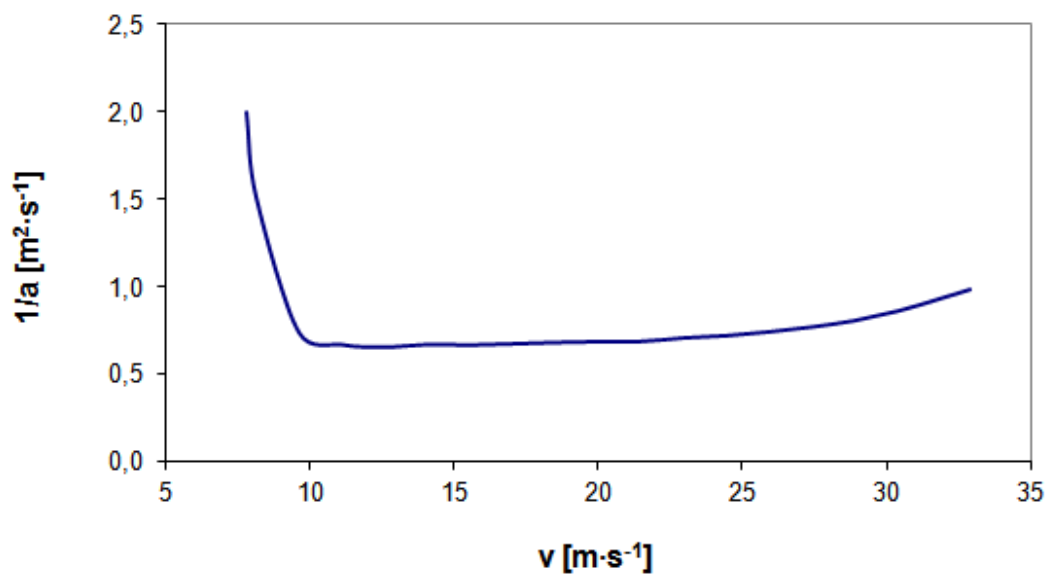
V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S_o	S_t	S_c
1	10,0	2,77	67,1	9,6	76,7
2	10,4	2,89	150,3	72,0	222,4
3	12,3	3,41	136,2	7,1	143,3
4	14,2	3,93	132,9	1,6	134,6
5	16,1	4,46	135,1	1,1	136,3
6	17,9	4,98	133,8	0,7	134,5
7	19,8	5,51	134,3	0,3	134,6
8	21,7	6,03	134,9	0,3	135,1
9	23,6	6,56	134,8	0,0	134,8
10	25,5	7,08	134,0	0,4	134,4
11	27,4	7,61	136,4	1,2	137,6
12	29,3	8,13	137,0	0,3	137,3
13	31,2	8,66	139,2	1,1	140,3
14	33,0	9,18	142,0	1,4	143,3
15	34,9	9,70	145,8	1,9	147,7
16	36,8	10,23	151,7	3,0	154,7
17	38,7	10,75	159,4	3,8	163,3
18	40,6	11,28	115,1	1,8	116,9
19	41,9	11,64	2420,2	107,6	2527,8
Σ			celkem	2527,8	mm ²



Obr. 43 – funkce $1/a(v)$ pro II. převodový stupeň

Tab. 51 – vypočtená plocha pod křivkou pro II. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	18,5	5,13	220,9	33,3	254,2
2	19,3	5,36	484,7	242,0	726,7
3	22,8	6,33	438,6	23,0	461,7
4	26,3	7,30	428,3	5,2	433,5
5	29,8	8,28	436,1	3,9	440,0
6	33,3	9,25	432,1	2,0	434,1
7	36,8	10,22	434,6	1,3	435,9
8	40,3	11,20	437,2	1,3	438,4
9	43,8	12,17	437,8	0,3	438,1
10	47,3	13,15	435,9	0,9	436,9
11	50,8	14,12	444,9	4,5	449,4
12	54,3	15,09	447,9	1,5	449,4
13	57,8	16,07	456,7	4,4	461,0
14	61,3	17,04	467,3	5,3	472,6
15	64,9	18,01	481,8	7,2	489,0
16	68,4	18,99	504,1	11,2	515,3
17	71,9	19,96	533,0	14,5	547,5
18	75,4	20,94	386,8	6,8	393,6
19	77,8	21,62	7908,8	368,6	8277,4
Σ			celkem	8277,4	mm ²

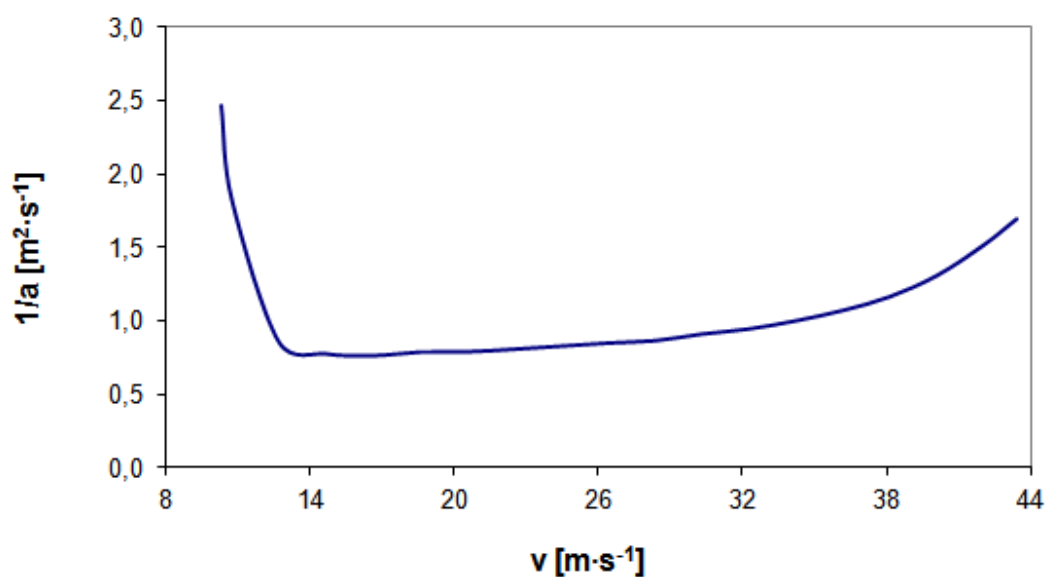


Obr. 44 – funkce $1/a$ (v) pro III. převodový stupeň

Tab. 52 – vypočtená plocha pod křivkou pro III. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]
1	28,2	7,82
2	29,4	8,16
3	34,7	9,64
4	40,1	11,13
5	45,4	12,61
6	50,7	14,09
7	56,1	15,58
8	61,4	17,06
9	66,8	18,54
10	72,1	20,03
11	77,4	21,51
12	82,8	22,99
13	88,1	24,48
14	93,5	25,96
15	98,8	27,44
16	104,1	28,93
17	109,5	30,41
18	114,8	31,89
19	118,6	32,93

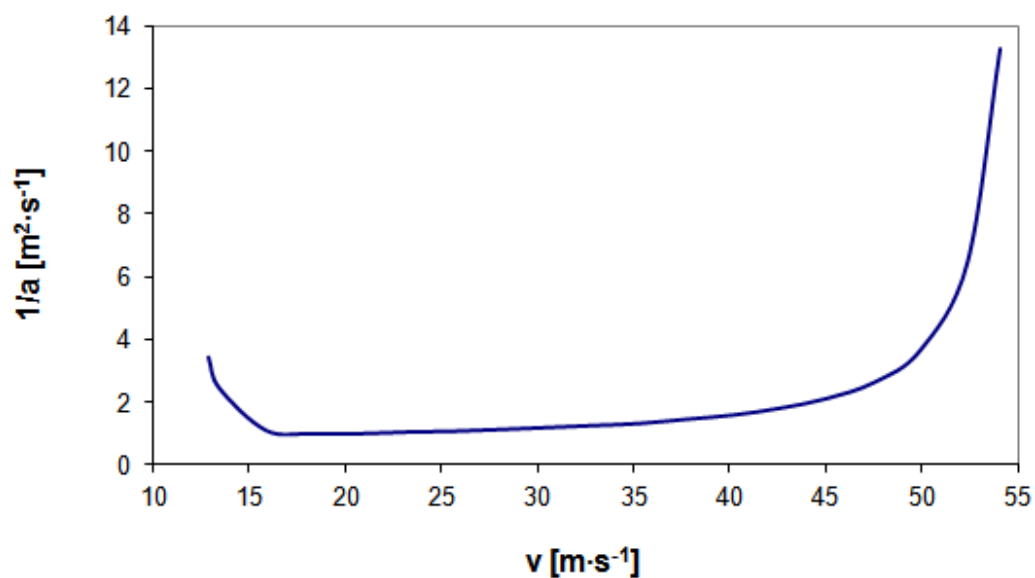
S_o	S_t	S_c
510,0	82,8	592,8
1088,4	574,2	1662,6
984,9	51,8	1036,6
964,2	10,4	974,5
986,3	11,1	997,3
981,1	2,6	983,7
991,8	5,3	997,1
1003,1	5,7	1008,8
1010,5	3,7	1014,2
1012,2	0,9	1013,1
1042,8	15,3	1058,1
1060,7	8,9	1069,7
1094,7	17,0	1111,7
1135,8	20,6	1156,4
1190,1	27,1	1217,2
1270,6	40,3	1310,9
1377,2	53,3	1430,5
1018,4	27,2	1045,5
Σ	18722,8	19680,8
	celkem	19680,8 mm ²



Obr. 45 – funkce $1/a$ (v) pro IV. převodový stupeň

Tab. 53 – vypočtená plocha pod křivkou pro IV. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	37,2	10,32	813,6	144,1	957,7
2	38,8	10,77	1679,4	944,4	2623,8
3	45,8	12,72	1522,4	78,5	1600,9
4	52,9	14,68	1498,6	11,9	1510,5
5	59,9	16,64	1546,2	23,8	1570,0
6	66,9	18,60	1550,5	2,1	1552,7
7	74,0	20,55	1584,2	16,8	1601,0
8	81,0	22,51	1627,2	21,5	1648,7
9	88,1	24,47	1666,3	19,6	1685,9
10	95,1	26,43	1698,0	15,8	1713,8
11	102,2	28,39	1787,3	44,6	1831,9
12	109,2	30,34	1855,6	34,2	1889,8
13	116,3	32,30	1965,0	54,7	2019,7
14	123,3	34,26	2101,7	68,3	2170,0
15	130,4	36,22	2286,1	92,2	2378,4
16	137,4	38,17	2566,5	140,2	2706,7
17	144,5	40,13	2975,0	204,3	3179,3
18	151,5	42,09	2325,5	121,5	2447,0
19	156,5	43,46	33049,3	2038,6	35087,9
Σ			celkem	35087,9	mm ²

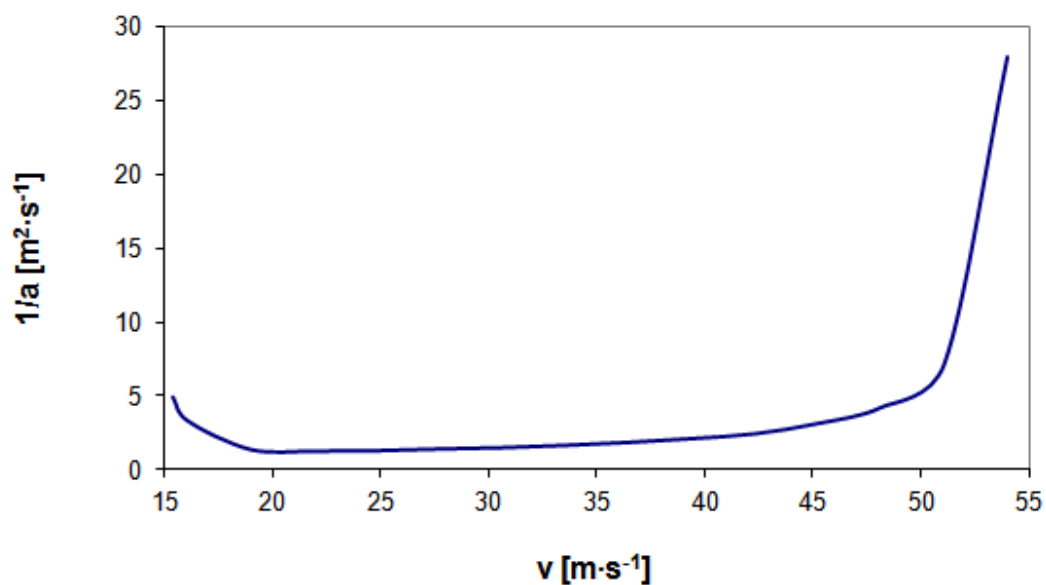


Obr. 46 – funkce $1/a(v)$ pro V. převodový stupeň

Tab. 54 – vypočtená plocha pod křivkou pro V. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]
1	46,2	12,83
2	48,2	13,39
3	57,0	15,82
4	65,7	18,26
5	74,5	20,69
6	83,3	23,13
7	92,0	25,56
8	100,8	28,00
9	109,5	30,43
10	118,3	32,86
11	127,1	35,30
12	135,8	37,73
13	144,6	40,17
14	153,4	42,60
15	162,1	45,04
16	170,9	47,47
17	179,7	49,91
18	188,4	52,34
19	194,6	54,04

	S_o	S_t	S_c
	1364,2	271,8	1636,0
	2692,1	1645,6	4337,6
	2451,6	120,2	2571,8
	2438,3	6,6	2444,9
	2561,5	61,6	2623,1
	2625,7	32,1	2657,9
	2754,1	64,2	2818,3
	2905,1	75,5	2980,6
	3065,2	80,0	3145,2
	3227,6	81,2	3308,7
	3561,0	166,7	3727,7
	3890,4	164,7	4055,2
	4415,3	262,4	4677,8
	5172,9	378,8	5551,7
	6407,4	617,3	7024,7
	8924,9	1258,7	10183,6
	15704,5	3389,8	19094,3
	10993,2	2372,9	13366,0
Σ	74161,6	8677,4	82839,0
	celkem	82839,0	mm ²



Obr. 47 – funkce $1/a(v)$ pro VI. převodový stupeň

Tab. 55 – vypočtená plocha pod křivkou pro VI. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	S _o	S _t	S _c
1	55,4	15,40	2238,1	530,3	2768,4
2	57,8	16,07	4133,3	2841,5	6974,8
3	68,4	18,99	3798,7	167,3	3966,0
4	78,9	21,91	3883,2	42,2	3925,4
5	89,4	24,83	4234,9	175,9	4410,8
6	99,9	27,75	4496,1	130,6	4626,7
7	110,4	30,67	4942,8	223,3	5166,1
8	120,9	33,60	5530,7	294,0	5824,7
9	131,5	36,52	6277,0	373,1	6650,1
10	142,0	39,44	7230,8	476,9	7707,8
11	152,5	42,36	9276,7	1022,9	10299,6
12	163,0	45,28	12444,2	1583,8	14028,0
13	173,5	48,20	21037,9	4296,9	25334,8
14	184,0	51,12	81625,4	30293,7	111919,2
15	194,6	54,04			
Σ			171150,0	42452,4	213602,4
			celkem	213602,4	mm ²

Jestliže znám všechny plochy pod křivkami, mohu si určit časové přírůstky a celkové časy. Předpokládám, že prokluz spojky bude trvat 0,5 s.

V tab. 54 bude první hodnota $\Delta t = 0,5$ s a bod V_1 odpovídá rychlosti určené z nejnižšího bodu momentové charakteristiky (tab. 44).

Tab. 56 – vypočtená doba jízdy na I. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a	S ₀	S _t	S _c	Δ t [s]	t	[s]
0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0
1	10,0	1	2,77	0,722	-	-	-	0,50	1	0,50
2	10,4	2	2,89	0,561	67,1	9,6	76,7	0,08	2	0,58
3	12,3	3	3,41	0,287	150,3	72,0	222,4	0,22	3	0,80
4	14,2	4	3,93	0,260	136,2	7,1	143,3	0,14	4	0,94
5	16,1	5	4,46	0,253	132,9	1,6	134,6	0,13	5	1,08
6	17,9	6	4,98	0,258	135,1	1,1	136,3	0,14	6	1,21
7	19,8	7	5,51	0,255	133,8	0,7	134,5	0,13	7	1,35
8	21,7	8	6,03	0,256	134,3	0,3	134,6	0,13	8	1,48
9	23,6	9	6,56	0,257	134,9	0,3	135,1	0,14	9	1,62
10	25,5	10	7,08	0,257	134,8	0,0	134,8	0,13	10	1,75
11	27,4	11	7,61	0,255	134,0	0,4	134,4	0,13	11	1,89
12	29,3	12	8,13	0,260	136,4	1,2	137,6	0,14	12	2,02
13	31,2	13	8,66	0,261	137,0	0,3	137,3	0,14	13	2,16
14	33,0	14	9,18	0,265	139,2	1,1	140,3	0,14	14	2,30
15	34,9	15	9,70	0,271	142,0	1,4	143,3	0,14	15	2,45
16	36,8	16	10,23	0,278	145,8	1,9	147,7	0,15	16	2,59
17	38,7	17	10,75	0,289	151,7	3,0	154,7	0,15	17	2,75
18	40,6	18	11,28	0,304	159,4	3,8	163,3	0,16	18	2,91
19	41,9	19	11,64	0,314	115,1	1,8	116,9	0,12	19	3,03
								t _f = 1		4,03

Po dosažení rychlosti V_{Imax} je třeba přeřadit na II. převodový stupeň. Předpokládám dobu řazení $t_f = 1$ s. Víme tedy, že čas $t_{20} = t_{19} + 1 = 3,03 + 1 = 4,03$ s.

Zjistím pokles rychlosti automobilu během řazení, kdy je přerušen hnací moment a automobil se pohybuje setrvačností podle křivky doběhu, kterou určím obdobně jako u rozjezdu.

Rozmezí rychlostí, pro které určím doběh, je dán oblastmi rychlostí řazení převodových stupňů, tj. dolní hranice musí být menší, než V_{Imax} a horní hranice ne menší, než V_{Vmax} (pro 6° převodovku).

V mém případě: $V_{\text{Imax}} = 41,9 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$V_{\text{Vmax}} = 194,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

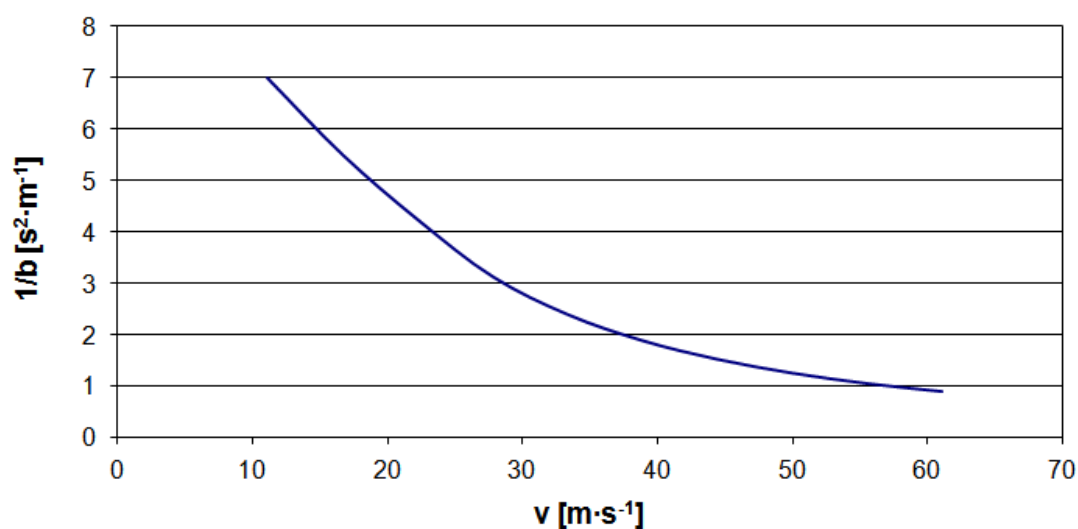
Charakteristiku doběhu určím tedy pro rozsah rychlostí $40 - 220 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Pro doběh vozidla platí, že je přerušen přenos hnacího momentu a $F_k = 0$.

Nyní musím určit závislost funkce $1/b(v)$ (tab. 57). Za hodnotu δ volím hodnotu nejvyššího převodového stupně, $\delta = 1,054$.

Tab. 57 – závislost funkce $1/b(v)$

V	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
v	61,11	55,56	50,00	44,44	38,89	33,33	27,78	22,22	16,67	11,11
O_v	1586	1311	1062	839	642	472	328	210	118	52
o_v	0,101	0,083	0,068	0,053	0,041	0,030	0,021	0,013	0,008	0,003
f	0,023	0,021	0,020	0,018	0,017	0,015	0,014	0,012	0,012	0,012
g/δ	9,307									
b	1,153	0,975	0,813	0,667	0,536	0,420	0,320	0,236	0,182	0,143
$1/b$	0,868	1,026	1,230	1,500	1,867	2,380	3,122	4,239	5,508	7,006

Sestrojím graf funkce $1/b(v)$ (obr. 48).



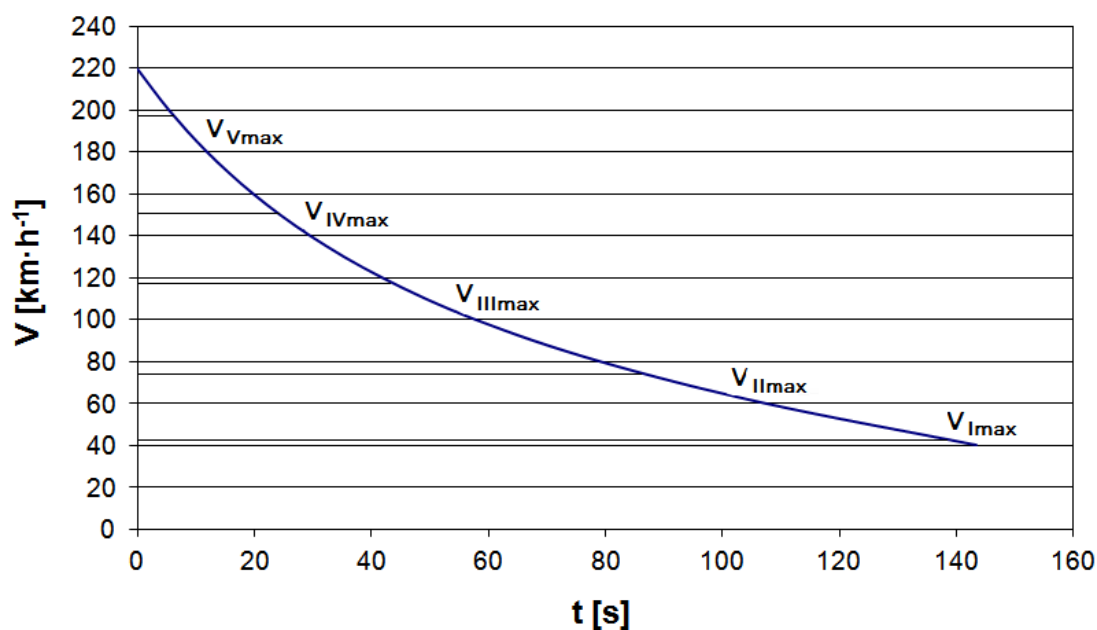
Obr. 48 – graf funkce $1/b(v)$

Pro určení závislosti $v(t)$, resp. $V(t)$, si z obr. 48 sestavím tab. 58. Již známým způsobem určím plochy pod křivkou odpovídající zvolenému intervalu a určím odpovídající časy.

Tab. 58 – hodnoty potřebné k sestrojení charakteristiky doběhu

V [km·h ⁻¹]	v [m·s ⁻¹]	1/b [s ² ·m ⁻¹]	S _o [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t [s]
220	63,58	0,868	5014,8	456,5	5471,3	5,47	0
200	57,80	1,026	5927,9	590,6	6518,5	6,52	5,47
180	52,02	1,230	7109,1	781,1	7890,2	7,89	11,99
160	46,24	1,500	8671,3	1060,1	9731,4	9,73	19,88
140	40,46	1,867	10791,5	1482,4	12273,9	12,27	29,61
120	34,68	2,380	13756,2	2145,6	15901,9	15,90	41,89
100	28,90	3,122	18047,5	3228,0	21275,6	21,28	57,79
80	23,12	4,239	24503,6	3667,1	28170,7	28,17	79,06
60	17,34	5,508	31837,7	4328,8	36166,5	36,17	107,23
40	11,56	7,006	-	-	-	celkem	143,40
				celkem	143400		

Ze získaných hodnot sestrojím charakteristiku doběhu (obr. 49).



Obr. 49 – charakteristika doběhu

Ze závislosti $V(t)$ (obr. 49) si určím poklesy rychlostí při řazení jednotlivých stupňů: $V_{I_{\max}} = 41,9 \text{ km·h}^{-1}$, $V_{II_{\max}} = 77,8 \text{ km·h}^{-1}$, $V_{III_{\max}} = 118,6 \text{ km·h}^{-1}$, $V_{IV_{\max}} = 156,5 \text{ km·h}^{-1}$, $V_{V_{\max}} = 194,6 \text{ km·h}^{-1}$ při době řazení 1 s. Po odečtení úbytku rychlosti získám výchozí rychlost pro určení závislosti $1/a(v)$ druhého, třetího, čtvrtého, pátého, respektive šestého převodového stupně.

Výchozí body rychlostí po přeřazení na II. – VI. převodový stupeň. Tyto hodnoty vynesu do obr. 42 – 47 jako výchozí bod pro integraci II. – VI. převodového stupně a odečtu odpovídající pořadnici 1/a.

$V_{II-0} = 41,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 11,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$1/a = 0,499 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$
$V_{III-0} = 76,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 21,28 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$1/a = 0,682 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$
$V_{IV-0} = 117 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 32,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$1/a = 0,952 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$
$V_{V-0} = 154,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 42,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$1/a = 1,939 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$
$V_{VI-0} = 192,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 53,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$	$1/a = 23,365 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$

Při zařazeném VI. převodovém stupni je $V_{V\text{Imax}} = 198 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a $1/a = 63,814 \text{ s}^2\cdot\text{m}^{-1}$.

Nyní mohu určit plochy pod křivkou funkce 1/a již známým způsobem, přenesu je do tab. 59 – 63 a určím přírůstky času a celkový čas od okamžiku rozjezdu pro II. – VI. převodový stupeň.

Tab. 59 – vypočtená doba jízdy na II. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a	S _o	S _t	S _c	Δ t [s]	t	[s]
20	41,1	20	11,42	0,449					20	4,03
21	43,8	21	12,17	0,449	339,2	0,0	339,3	0,34	21	4,37
22	47,3	22	13,15	0,450	437,2	0,3	437,5	0,44	22	4,80
23	50,8	23	14,12	0,448	437,8	0,9	438,7	0,44	23	5,24
24	54,3	24	15,09	0,457	435,9	4,5	440,4	0,44	24	5,68
25	57,8	25	16,07	0,460	444,9	1,5	446,4	0,45	25	6,13
26	61,3	26	17,04	0,469	447,9	4,4	452,3	0,45	26	6,58
27	64,9	27	18,01	0,480	456,7	5,3	462,0	0,46	27	7,04
28	68,4	28	18,99	0,495	467,3	7,2	474,6	0,47	28	7,52
29	71,9	29	19,96	0,518	481,8	11,2	493,0	0,49	29	8,01
30	75,4	30	20,94	0,547	504,1	14,5	518,6	0,52	30	8,53
31	77,8	31	21,62	0,567	373,1	6,8	379,9	0,38	31	8,91
									t _f =1	9,91

Tab. 60 – vypočtená doba jízdy na III. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
32	76,6	32	21,28	0,682					32	9,91
33	77,4	33	21,51	0,682	158,7	0,0	158,8	0,16	33	10,07
34	82,8	34	22,99	0,703	1012,2	15,3	1027,5	1,03	34	11,10
35	88,1	35	24,48	0,715	1042,8	8,9	1051,8	1,05	35	12,15
36	93,5	36	25,96	0,738	1060,7	17,0	1077,7	1,08	36	13,23
37	98,8	37	27,44	0,766	1094,7	20,6	1115,3	1,12	37	14,34
38	104,1	38	28,93	0,802	1135,8	27,1	1163,0	1,16	38	15,50
39	109,5	39	30,41	0,857	1190,1	40,3	1230,3	1,23	39	16,73
40	114,8	40	31,89	0,928	1270,6	53,3	1323,9	1,32	40	18,06
41	118,6	41	32,93	0,981	964,0	27,2	991,2	0,99	41	19,05
								tř=1		20,05

Tab. 61 – vypočtená doba jízdy na IV. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
42	117,0	42	32,50	0,952					42	20,05
43	123,3	43	34,26	1,004	1673,4	45,5	1719,0	1,72	43	21,77
44	130,4	44	36,22	1,074	1965,0	68,3	2033,4	2,03	44	23,80
45	137,4	45	38,17	1,168	2101,7	92,2	2193,9	2,19	45	26,00
46	144,5	46	40,13	1,311	2286,1	140,2	2426,3	2,43	46	28,42
47	151,5	47	42,09	1,520	2566,5	204,3	2770,8	2,77	47	31,19
48	156,5	48	43,46	1,697	2082,5	121,5	2204,0	2,20	48	33,40
								tř=1		34,40

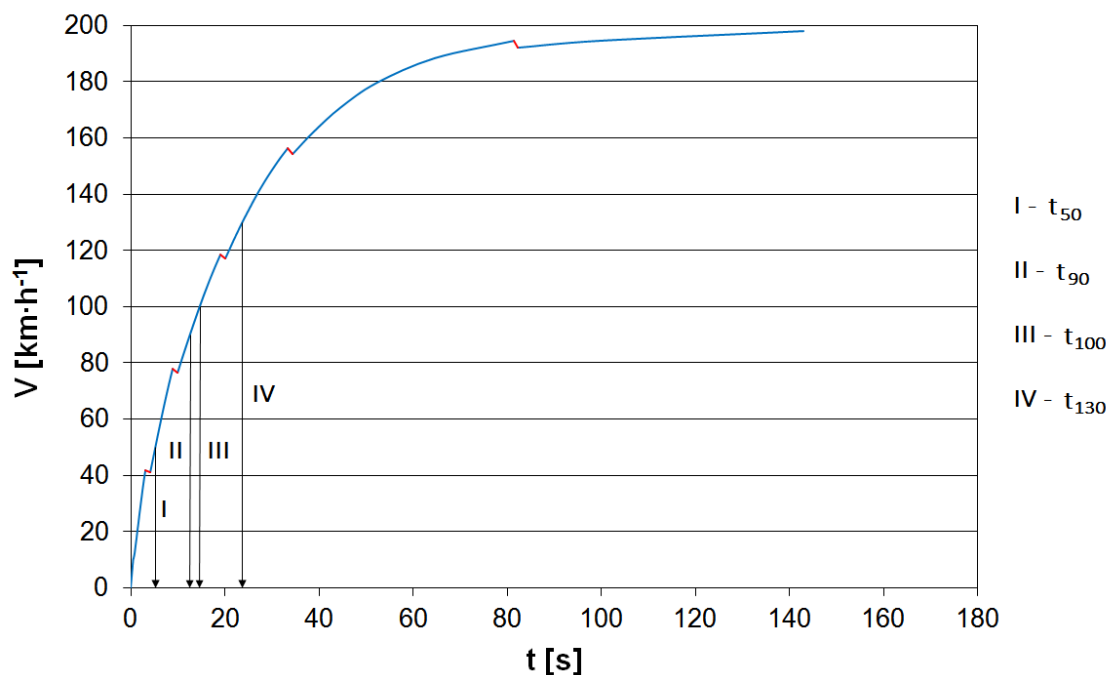
Tab. 62 – vypočtená doba jízdy na V. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
49	154,4	49	42,89	1,938					49	34,40
50	162,1	50	45,04	2,125	4163,2	200,7	4363,9	4,36	50	38,76
51	170,9	51	47,47	2,632	5172,9	617,3	5790,2	5,79	51	44,55
52	179,7	52	49,91	3,666	6407,4	1258,7	7666,2	7,67	52	52,22
53	188,4	53	52,34	6,451	8924,9	3389,8	12314,7	12,31	53	64,53
54	194,6	54	54,04	13,249	10993,2	5791,9	16785,0	16,79	54	81,32
								tř=1		82,32

Tab. 63 – vypočtená doba jízdy na VI. převodový stupeň

V	[km·h ⁻¹]	v	[m·s ⁻¹]	1/a [s ² ·m ⁻¹]	S ₀ [mm ²]	S _t [mm ²]	S _c [mm ²]	Δ t [s]	t	[s]
55	192,2	55	53,39	23,365					55	82,32
56	194,6	56	54,04	27,941	15318,3	1500,1	16818,4	16,82	56	99,14
57	198	57	55,00	63,814	26697,9	17138,3	43836,2	43,84	57	142,97

Charakteristiku $V(t)$ (obr. 50) sestrojím z tab. 59 – 63 a z ní určím hodnoty požadované zadáním, tj.: t_{50} , t_{90} , t_{100} , t_{130} .



Obr. 50 – časová charakteristika rychlosti $V(t)$

$t_{50} = 5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

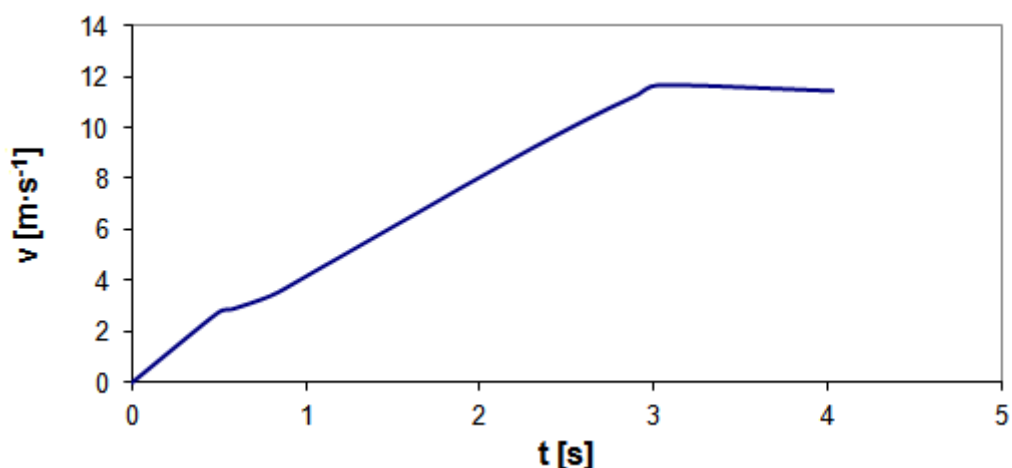
$t_{90} = 12,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$t_{100} = 14,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$t_{130} = 23,5$ s – čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

Již znám závislost $V(t)$, proto mohu určit i závislost $x(t)$.

Vynesu si závislost $v(t)$ pro I. převodový stupeň včetně $0,5$ s úseku prokluzu spojky a 1 s úseku řazení (obr. 51). Opět určím plochy pod křivkou vynesené pořadnicemi vynášených bodů a hodnoty sestavím do tab. 64.

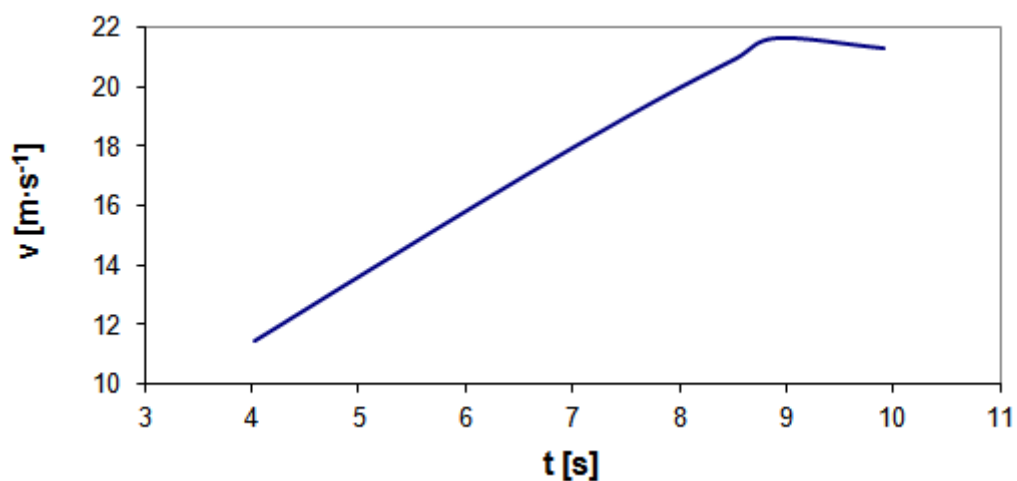


Obr. 51 – průběh $v(t)$ I. převodového stupně + 0,5 s prokluz + 1 s řazení

Tab. 64 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro I. převodový stupeň

$v \text{ [m·s}^{-1}\text{]}$	t	[s]	$S_o \text{ [mm}^2\text{]}$	$S_t \text{ [mm}^2\text{]}$	$S_c \text{ [mm}^2\text{]}$	$\Delta x \text{ [m]}$	x	[m]
0	0	0					0	0
2,77	1	0,50	0	691,4	691,4	0,7	1	0,7
2,89	2	0,58	212,2	4,6	216,8	0,2	2	0,9
3,41	3	0,80	641,5	58,3	699,9	0,7	3	1,6
3,93	4	0,94	488,5	37,6	526,1	0,5	4	2,1
4,46	5	1,08	529,5	35,3	564,8	0,6	5	2,7
4,98	6	1,21	607,5	35,7	643,2	0,6	6	3,3
5,51	7	1,35	670,0	35,3	705,3	0,7	7	4,0
6,03	8	1,48	741,3	35,3	776,6	0,8	8	4,8
6,56	9	1,62	815,1	35,4	850,6	0,9	9	5,7
7,08	10	1,75	884,1	35,4	919,5	0,9	10	6,6
7,61	11	1,89	951,8	35,3	987,0	1,0	11	7,6
8,13	12	2,02	1046,4	36,1	1082,5	1,1	12	8,7
8,66	13	2,16	1116,1	36,0	1152,1	1,2	13	9,8
9,18	14	2,30	1214,6	36,8	1251,5	1,3	14	11,1
9,70	15	2,45	1315,9	37,6	1353,5	1,4	15	12,4
10,23	16	2,59	1433,0	38,7	1471,8	1,5	16	13,9
10,75	17	2,75	1582,5	40,6	1623,1	1,6	17	15,5
11,28	18	2,91	1755,7	42,8	1798,5	1,8	18	17,3
11,64	19	3,03	1318,6	21,5	1340,1	1,3	19	18,7
11,42	20	4,03	11644,9	-114,1	11530,8	11,5	20	30,2

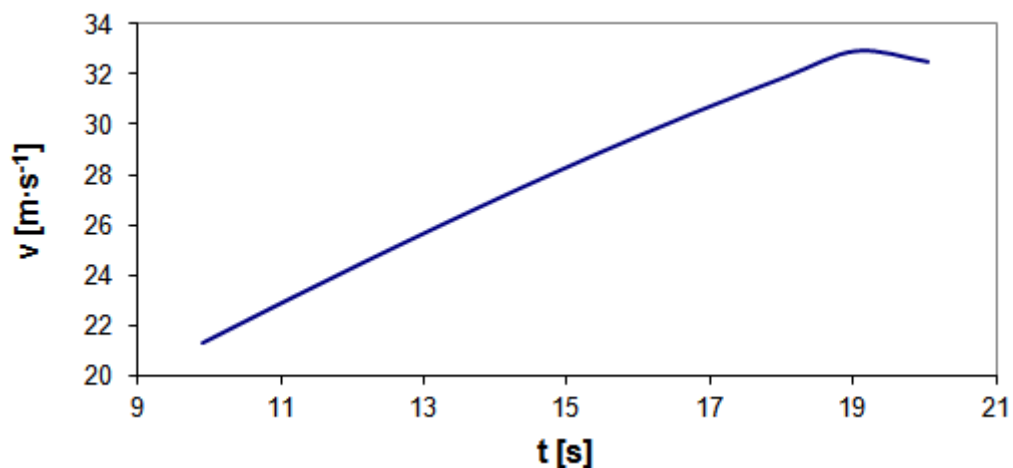
Nyní si vynesu závislost $v(t)$ pro II. – VI. převodový stupeň včetně 1 s úseku řazení (obr. 52 – 56). Opět určím plochy pod křivkou vynesené pořadnicemi vynášených bodů a hodnoty sestavím do tab. 65 – 69.



Obr. 52 – průběh $v(t)$ II. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 65 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro II. převodový stupeň

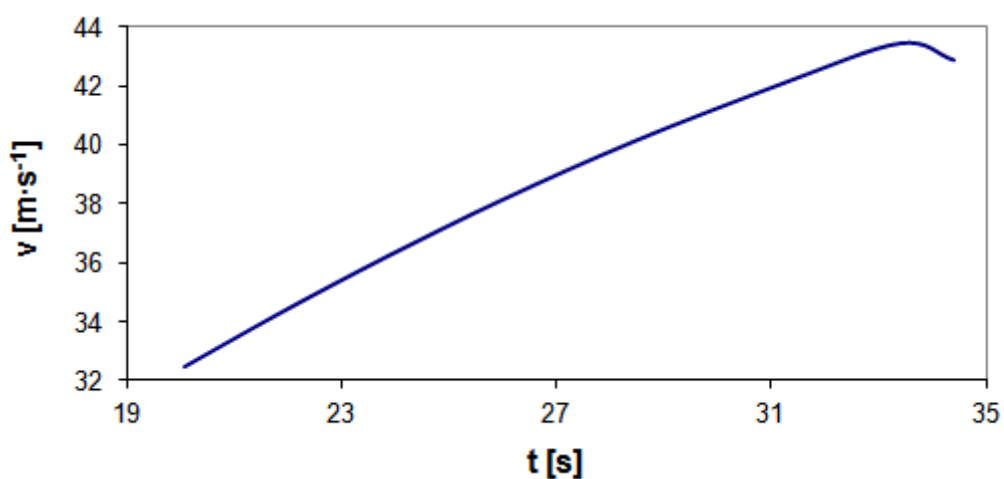
$v \text{ [m·s}^{-1}\text{]}$	t	[s]	$S_o \text{ [mm}^2\text{]}$	$S_t \text{ [mm}^2\text{]}$	$S_c \text{ [mm}^2\text{]}$	$\Delta x \text{ [m]}$	x	[m]
11,42	21	4,03					21	30,2
12,17	22	4,37	3873,1	128,2	4001,3	4,0	22	34,2
13,15	23	4,80	5325,2	213,0	5538,2	5,5	23	39,7
14,12	24	5,24	5767,7	213,6	5981,3	6,0	24	45,7
15,09	25	5,68	6218,6	214,4	6433,1	6,4	25	52,1
16,07	26	6,13	6737,9	217,4	6955,3	7,0	26	59,1
17,04	27	6,58	7267,1	220,2	7487,3	7,5	27	66,6
18,01	28	7,04	7872,7	224,9	8097,7	8,1	28	74,7
18,99	29	7,52	8549,0	231,1	8780,1	8,8	29	83,5
19,96	30	8,01	9360,6	240,0	9600,6	9,6	30	93,1
20,94	31	8,53	10351,9	252,5	10604,4	10,6	31	103,7
21,62	32	8,91	7954,6	129,5	8084,1	8,1	32	111,7
21,28	33	9,91	21617,8	-170,0	21447,8	21,4	33	133,2



Obr. 53 – průběh $v(t)$ III. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 66 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro III. převodový stupeň

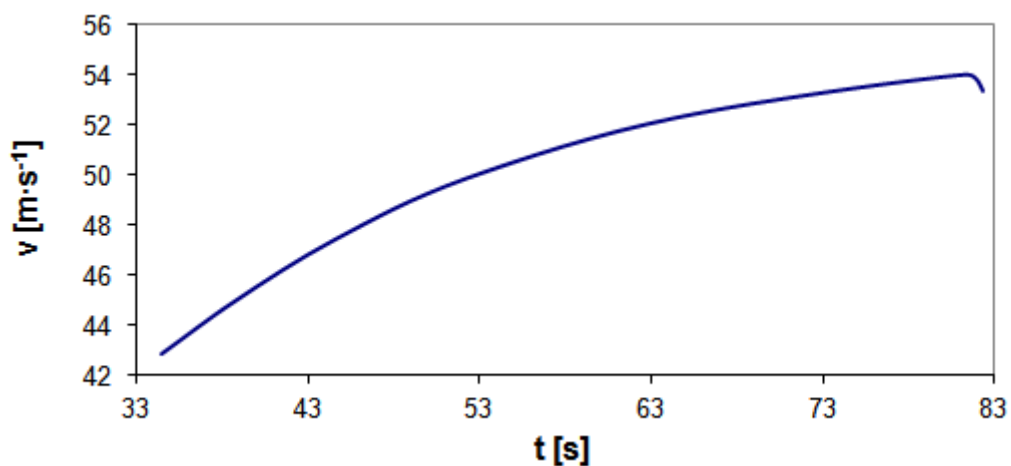
$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
21,28	34	9,91					34	133,2
21,51	35	10,07	3378,4	18,5	3396,9	3,4	35	136,6
22,99	36	11,10	22102,5	762,2	22864,7	22,9	36	159,5
24,48	37	12,15	24184,4	780,1	24964,5	25,0	37	184,4
25,96	38	13,23	26380,0	799,4	27179,4	27,2	38	211,6
27,44	39	14,34	28954,0	827,3	29781,3	29,8	39	241,4
28,93	40	15,50	31917,0	862,6	32779,6	32,8	40	274,2
30,41	41	16,73	35591,5	912,6	36504,1	36,5	41	310,7
31,89	42	18,06	40262,1	982,0	41244,1	41,2	42	351,9
32,93	43	19,05	31614,3	514,7	32129,0	32,1	43	384,0
32,50	44	20,05	32933,4	-216,7	32716,7	32,7	44	416,8



Obr. 54 – průběh $v(t)$ IV. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 67 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro IV. převodový stupeň

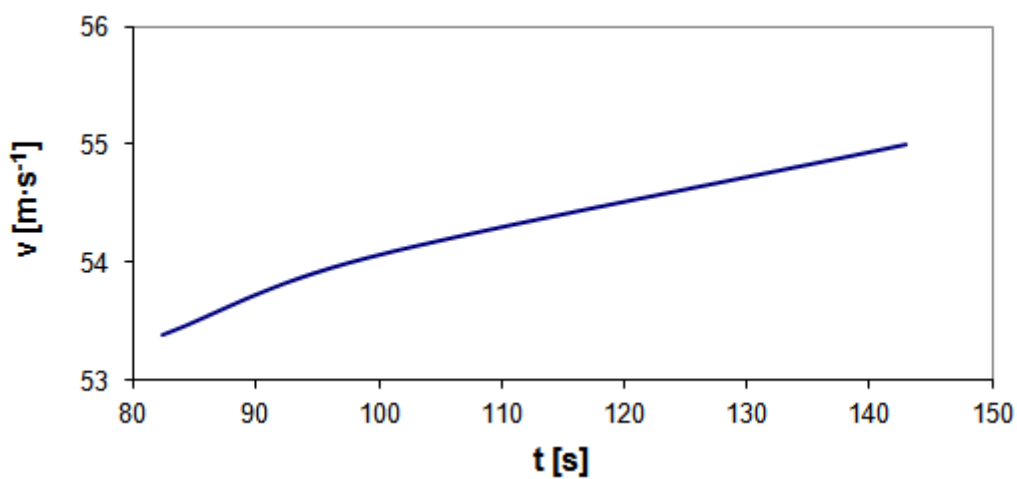
$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
32,50	45	20,05					45	416,8
34,26	46	21,77	55866,0	1510,8	57376,8	57,4	46	474,1
36,22	47	23,80	69658,2	1990,2	71648,4	71,6	47	545,8
38,17	48	26,00	79452,9	2147,4	81600,3	81,6	48	627,4
40,13	49	28,42	92619,9	2374,9	94994,8	95,0	49	722,4
42,09	50	31,19	111192,6	2712,0	113904,6	113,9	50	836,3
43,46	51	33,40	92763,4	1510,1	94273,5	94,3	51	930,6
42,89	52	34,40	43458,5	-284,8	43173,7	43,2	52	973,7



Obr. 55 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 68 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro V. převodový stupeň

v [m·s ⁻¹]	t	[s]	S_o [mm ²]	S_t [mm ²]	S_c [mm ²]	Δx [m]	x	[m]
42,89	53	34,40					53	973,7
45,04	54	38,76	187163,7	4687,3	191850,9	191,9	54	1165,6
47,47	55	44,55	260771,6	7047,9	267819,5	267,8	55	1433,4
49,91	56	52,22	363924,0	9331,4	373255,4	373,3	56	1806,7
52,34	57	64,53	614576,5	14989,7	629566,1	629,6	57	2436,2
54,04	58	81,32	878535,6	14301,7	892837,4	892,8	58	3329,1
53,39	59	82,32	54044,5	-327,8	53716,7	53,7	59	3382,8

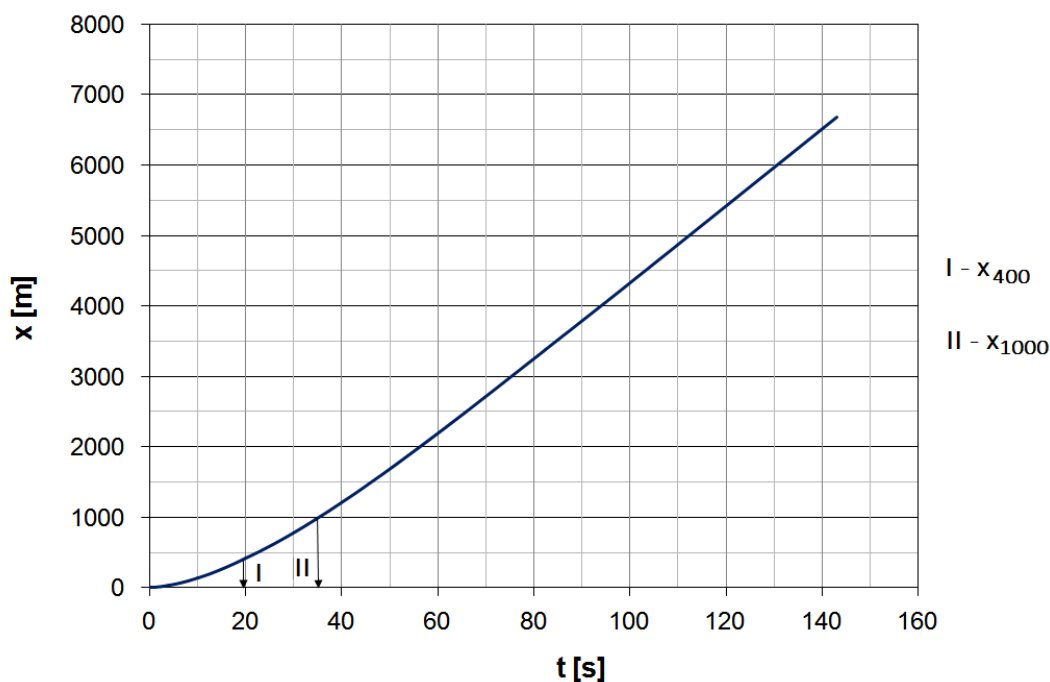


Obr. 56 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení

Tab. 69 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro VI. převodový stupeň

$v [m \cdot s^{-1}]$	t	[s]	$S_o [mm^2]$	$S_t [mm^2]$	$S_c [mm^2]$	$\Delta x [m]$	x	[m]
53,39	60	82,32					60	3382,8
54,04	61	99,14	897916,2	5513,1	903429,3	903,4	61	4286,2
55,00	62	142,97	2369104,2	20942,8	2390046,9	2390,0	62	6676,3

Ze získaných hodnot sestojím charakteristiku $x(t)$ (obr. 57) a určím hodnoty požadované zadáním, tj.: x_{400} , x_{1000} .



Obr. 57 – časová charakteristika dráhy $x(t)$

$x_{400} = 19,5$ s – doba potřebná k ujetí 400 m

$x_{1000} = 35$ s – doba potřebná k ujetí 1000 m

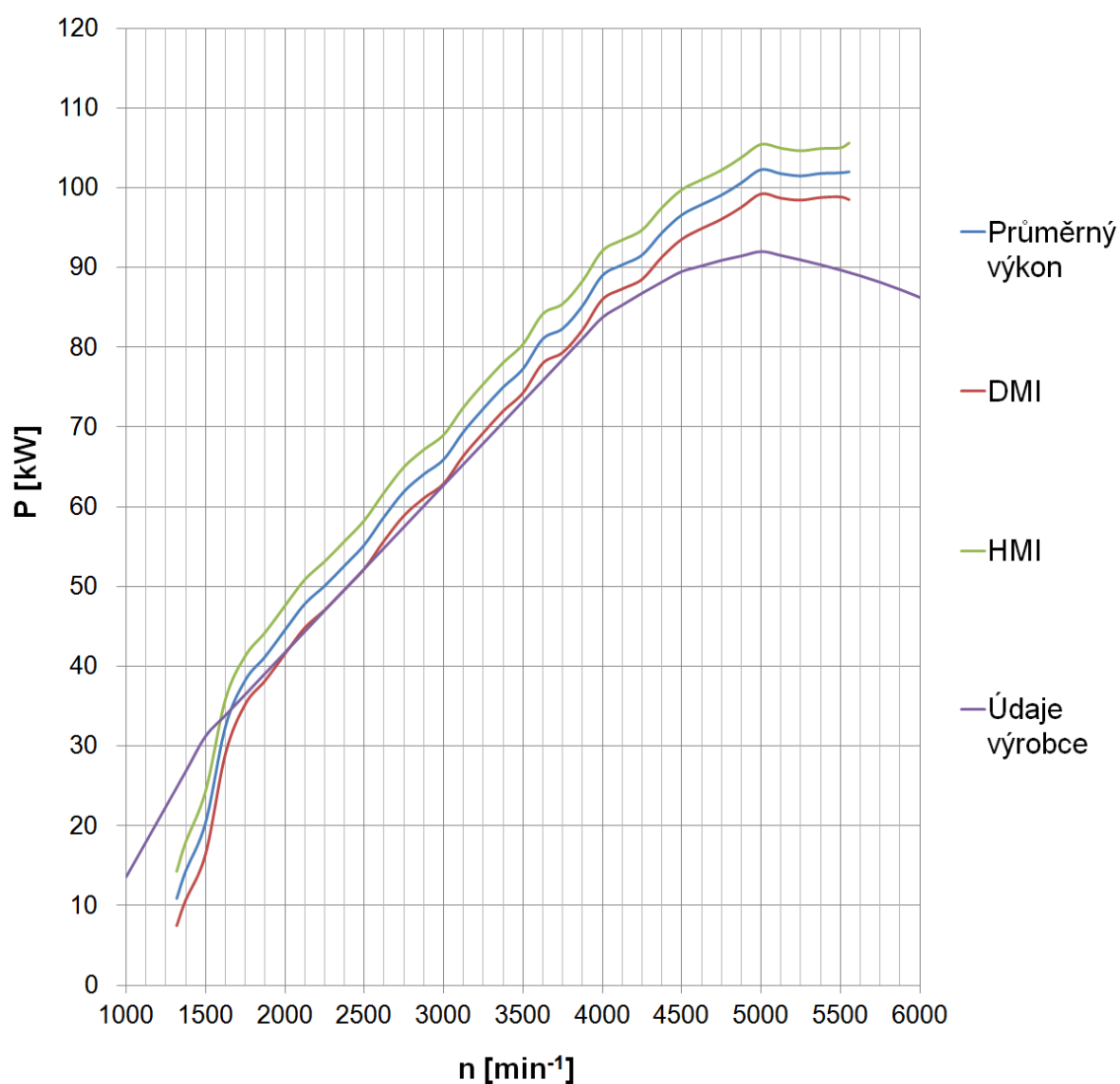
Vypočítané hodnoty a hodnoty uváděné výrobcem sestavím do tab. 68. [2]

Tab. 70 – výsledné hodnoty

parametr	symbol	jednotka	výpočet	údaj výrobce
nejvyšší rychlost vozidla	V_{max}	$[km \cdot h^{-1}]$	198	205
čas potřebný k dosažení rychlosti $50 km \cdot h^{-1}$	t_{50}	[s]	5	-
čas potřebný k dosažení rychlosti $90 km \cdot h^{-1}$	t_{90}	[s]	12,5	-
čas potřebný k dosažení rychlosti $100 km \cdot h^{-1}$	t_{100}	[s]	14,5	10,5
čas potřebný k dosažení rychlosti $130 km \cdot h^{-1}$	t_{130}	[s]	23,5	-
čas potřebný k ujetí vzdálenosti 400 m	t_{400}	[s]	19,5	17,4
čas potřebný k ujetí vzdálenosti 1000 m	t_{1000}	[s]	35	31,9

5. Zhodnocení a doporučení

Abych mohl vyhodnotit má naměřená data s údaji výrobce, sestrojím si graf závislosti průměrného výkonu na otáčkách s hodnotami DMI a HMI, se závislostí výkonu na otáčkách udávaného výrobcem (obr. 58).

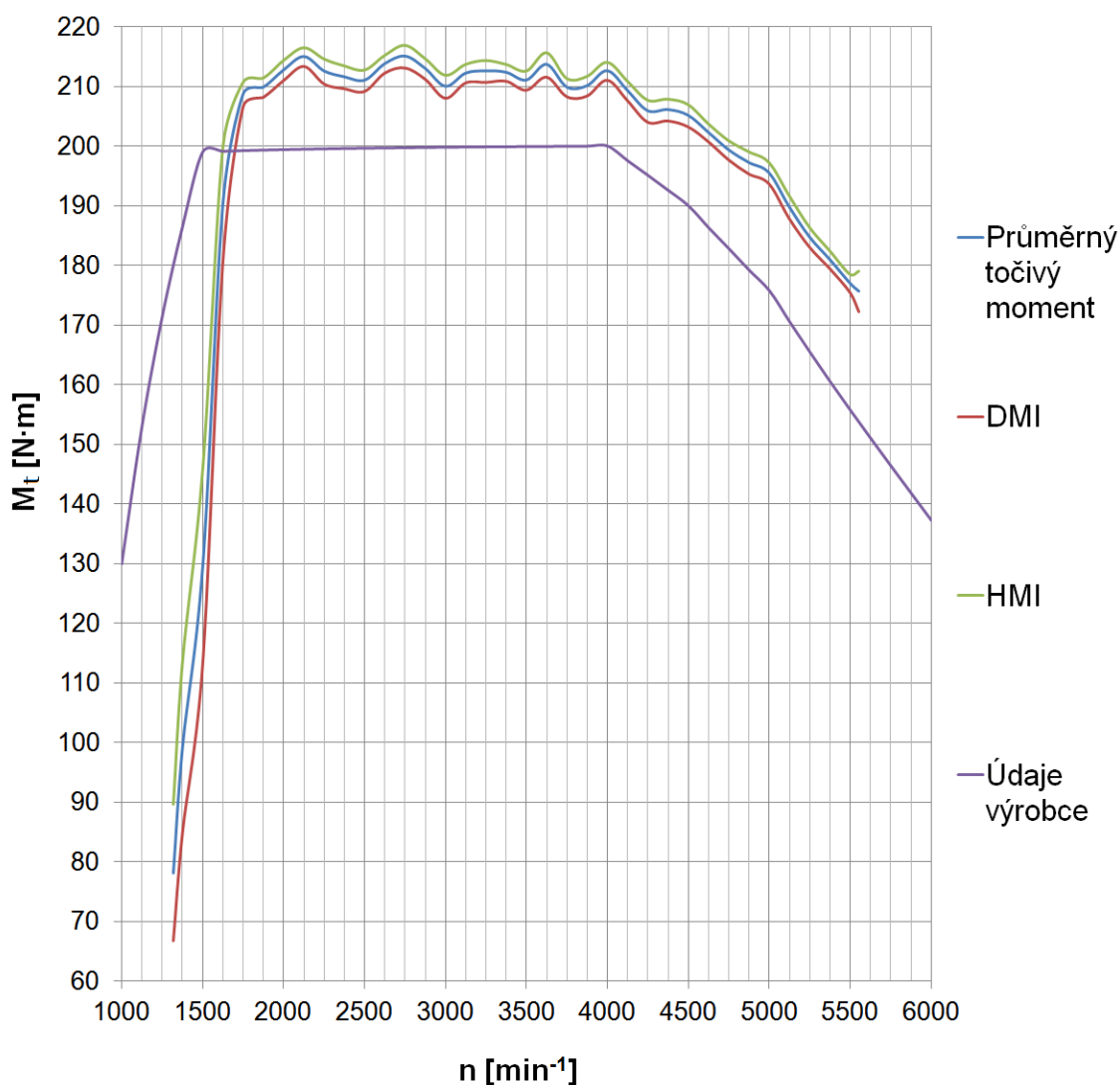


Obr. 58 – graf závislosti průměrného výkonu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti výkonu na otáčkách udávaného výrobcem

Z grafu je patrný rozdíl tvaru průběhu výkonu motoru mnou naměřených hodnot a hodnot udávaných výrobcem. Při měření jsem dosáhl průměrných nejnižších otáček 1318 min^{-1} , výrobce uvádí 1000 min^{-1} . Je to způsobeno tím, že měření na válcích začíná od $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, při této rychlosti nejsem schopen dosáhnout nižších otáček. Maximálních

průměrných otáček jsem dosáhl při hodnotě 5555 min^{-1} , výrobce uvádí 6000 min^{-1} . Této hodnotě jsem se ani při 10 měřeních nepřiblížil. Je to tím, že při měření zasáhl řídicí systém a maximální otáčky omezil. Nejvyšší mé dosažené otáčky byly o 390 min^{-1} menší. Od otáček 1000 min^{-1} přibližně do 1630 min^{-1} , dosahuje výkon motoru uváděný výrobcem vyšších hodnot, než mnou naměřený. Od těchto otáček do 4250 min^{-1} se výkon uváděný výrobcem pohybuje kolem DMI a pohybuje se převážně pod vymezeným prostorem. Poté je výrazně menší, než jsem naměřil já, ale je uváděn i při vyšších otáčkách, čehož jsem nedosáhl při měření. Zjistil jsem vyšší výkon motoru, než uvádí výrobce a to o $11,8 \text{ kW}$. Průměrný výkon je $103,8 \text{ kW}$, při otáčkách 5299 min^{-1} .

Nyní si sestrojím graf závislosti průměrného točivého momentu na otáčkách s hodnotami DMI a HMI, se závislostí točivého momentu na otáčkách udávaného výrobcem (obr. 59).



Obr. 59 – graf závislosti průměrného točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti točivého momentu na otáčkách udávaného výrobcem

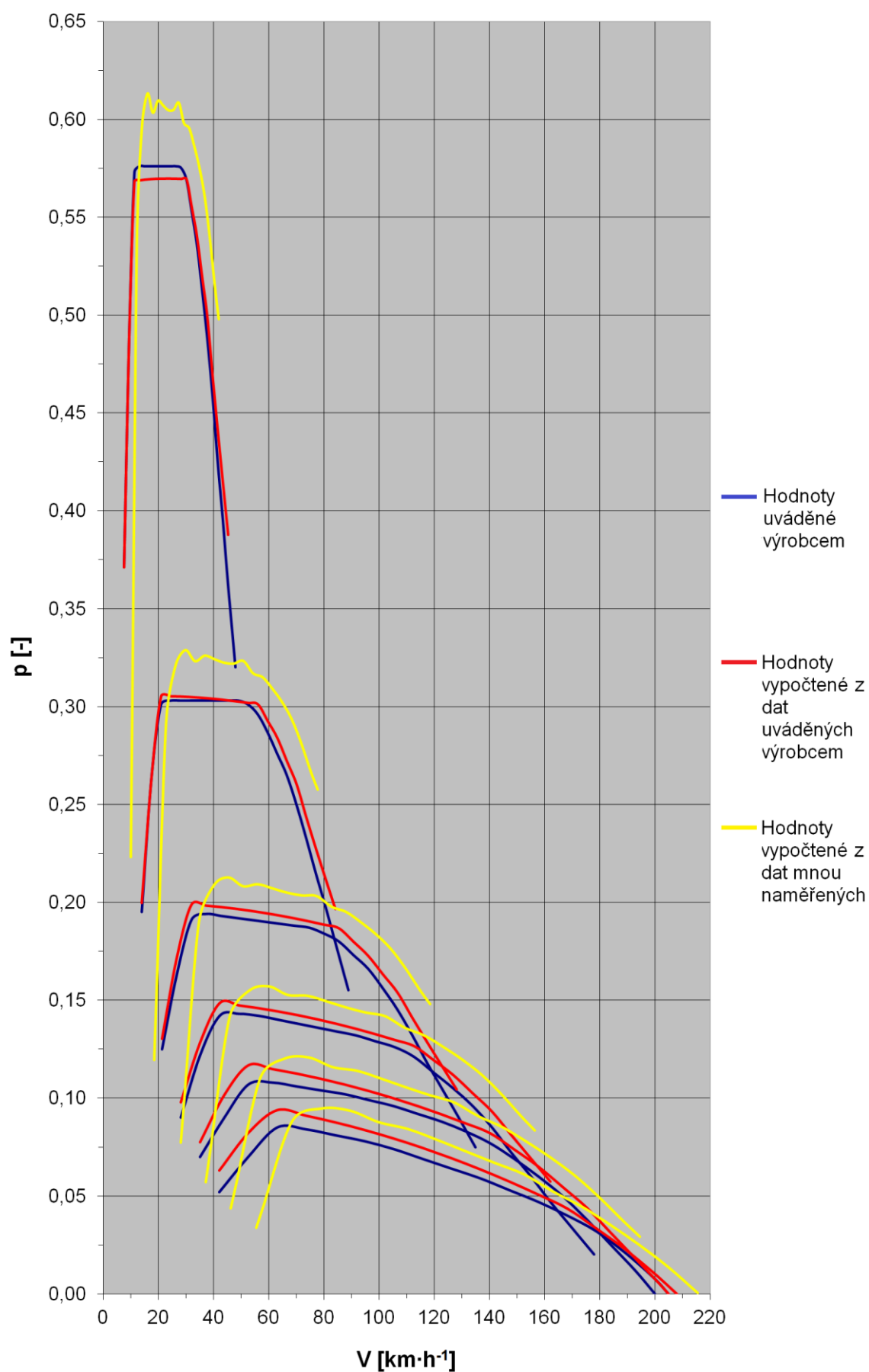
Od otáček 1000 min^{-1} přibližně do 1630 min^{-1} , dosahuje točivý moment motoru uváděný výrobcem mnohem vyšších hodnot, než mnou naměřený průměrný točivý moment a přesahuje vymezený prostor. V těchto otáčkách se ustálí, až do otáček 4000 min^{-1} a poté klesá, je výrazně menší a přesahuje vymezený prostor, ale je uváděn i při vyšších otáčkách, čehož jsem nedosáhl při měření. Naměřil jsem vyšší točivý moment, než uvádí výrobce a to o $16,1 \text{ N}\cdot\text{m}$. Průměrný točivý moment je $216,1 \text{ N}\cdot\text{m}$, při otáčkách 2628 min^{-1} .

Abych byl schopen vyhodnotit přebytek měrné hnací síly, sestrojil jsem si tabulku s hodnotami uváděné výrobcem pro jednotlivé převodové stupně (tab. 71).

Tab. 71 – graf závislosti průměrného točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti točivého momentu na otáčkách udávaného výrobcem

I.		II.		III.		IV.		V.		VI.	
V	p	V	p	V	p	V	p	V	p	V	p
7,6	0,371	14,0	0,195	21,4	0,125	28,2	0,090	35,1	0,070	42,1	0,052
9,4	0,489	17,5	0,263	26,7	0,163	35,2	0,122	43,8	0,090	52,6	0,070
11,3	0,573	21,0	0,301	32,0	0,191	42,3	0,142	52,6	0,107	63,1	0,085
13,2	0,576	24,5	0,303	37,4	0,194	49,3	0,143	61,3	0,108	73,6	0,084
15,1	0,576	28,0	0,303	42,7	0,193	56,4	0,142	70,1	0,106	84,1	0,081
17,0	0,576	31,6	0,303	48,1	0,192	63,4	0,140	78,9	0,104	94,7	0,078
18,9	0,576	35,1	0,303	53,4	0,191	70,5	0,138	87,6	0,102	105,2	0,074
20,8	0,576	38,6	0,303	58,7	0,190	77,5	0,136	96,4	0,099	115,7	0,069
22,7	0,576	42,1	0,303	64,1	0,189	84,6	0,134	105,2	0,096	126,2	0,064
24,5	0,576	45,6	0,303	69,4	0,188	91,6	0,132	113,9	0,092	136,7	0,059
26,4	0,576	49,1	0,303	74,8	0,187	98,7	0,129	122,7	0,088	147,2	0,053
28,3	0,575	52,6	0,301	80,1	0,184	105,7	0,126	131,5	0,083	157,8	0,047
30,2	0,569	56,1	0,296	85,4	0,180	112,8	0,121	140,2	0,077	168,3	0,040
32,1	0,553	59,6	0,287	90,8	0,173	119,8	0,113	149,0	0,069	178,8	0,032
34,0	0,536	63,1	0,276	96,1	0,166	126,9	0,105	157,8	0,060	189,3	0,021
35,9	0,513	66,6	0,265	101,5	0,156	133,9	0,096	166,5	0,050	199,8	0,008
37,8	0,488	70,1	0,250	106,8	0,145	140,9	0,085	175,3	0,038	205,0	0,000
39,7	0,459	73,6	0,233	112,2	0,132	148,0	0,072	184,0	0,025	-	-
41,5	0,425	77,1	0,215	117,5	0,118	155,0	0,060	192,8	0,012	-	-
43,4	0,395	80,6	0,198	122,8	0,105	162,1	0,047	200,0	0,000	-	-
45,3	0,362	84,1	0,180	128,2	0,092	169,1	0,035	-	-	-	-
48,0	0,320	89,0	0,155	135,0	0,075	178,0	0,020	-	-	-	-

Z tab. 6 – 11, 44 – 49 a 71 jsem sestrojil charakteristiku přebytku měrné hnací síly (obr. 60).



Obr. 60 – charakteristika měrné hnací síly

Z grafu je zřejmé, že hodnoty měrné hnací síly, vypočtené z dat uváděných výrobcem, jsou lehce vyšší u všech rychlostních stupňů, kromě prvního, než hodnoty uváděné výrobcem, kde maximální hodnota je nižší, než uvádí výrobce. Hodnoty měrné hnací síly, vypočtené z dat mnou naměřených, jsou od počátku, přibližně až pod maximální hodnotu nižší, než hodnoty uváděné výrobcem, od tohoto bodu jsou již nadále vyšší. Hodnoty měrné hnací síly, vypočtené z dat uváděných výrobcem, jsou od počátku, přibližně až nepatrně za maximální hodnotu vyšší, než hodnoty vypočtené z dat mnou naměřených, od tohoto bodu jsou již nadále nižší.

Hodnoty uváděné výrobcem jsem porovnal s hodnotami z vypočtených charakteristik z dat uváděných výrobcem a s hodnotami z vypočtených charakteristik z dat mnou naměřených. Výrobce uvádí nejvyšší rychlost vozidla $205 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, z dat uváděných výrobcem, jsem vypočetl rychlost nižší o $13 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, z dat mnou naměřených jsem vypočetl rychlost nižší o $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ výrobce neuvádí, proto jsem porovnal hodnoty z výpočtů, liší se pouze o $0,5 \text{ s}$ a to ve prospěch hodnoty vypočtené z dat mnou naměřených. Ani pro čas k dosažení rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ výrobce neuvádí, proto jsem opět porovnal jen hodnoty z výpočtů, kde vypočtená hodnota z dat uváděných výrobcem je o 1 s větší, jak vypočtená hodnota z dat mnou naměřených. O 5 s je vyšší vypočtená hodnota z dat uváděných výrobcem a o 4 s je vyšší hodnota vypočtená z dat mnou naměřených, než hodnota uváděná výrobcem, potřebná k dosažení rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ výrobce neuvádí, proto jsem porovnal hodnoty z výpočtů, vypočtená hodnota z dat uváděných výrobcem je větší o 3 s , než vypočtená hodnota z dat mnou naměřených. Čas potřebný k ujetí vzdálenosti 400 m je nejmenší u hodnoty uváděné výrobcem, která je menší o $2,6 \text{ s}$, než vypočtená hodnota z dat uváděných výrobcem a menší o $2,1 \text{ s}$, než vypočtená hodnota z dat mnou naměřených. Jako poslední jsem srovnal čas potřebný k ujetí vzdálenosti 1000 m , ten byl menší u hodnoty uváděné výrobcem o $4,1 \text{ s}$, než u vypočtené hodnoty z dat uvedených výrobcem a o $3,1 \text{ s}$, než u vypočtené hodnoty z dat mnou naměřených.

6. Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval výpočty a experimentálním ověřením vybraných dynamických charakteristik osobního automobilu Škoda Superb 1.4 TSI. Jednalo se o vnější rychlostní charakteristiku P a $M_t(n)$, charakteristiku měrné hnací síly vozidla $p(V)$, charakteristiku zrychlení $a(V)$, kinematickou charakteristiku – pilový diagram, časovou charakteristiku rychlosti $V(t)$ a časovou charakteristiku dráhy $x(t)$. Z charakteristik jsem určil hodnoty nejvyšší rychlosti vozidla, čas potřebný k dosažení rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, čas potřebný k dosažení rychlosti $130 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, čas potřebný k ujetí vzdálenosti 400 m a čas potřebný k ujetí vzdálenosti 1000 m.

Abych mohl vypočítat jednotlivé charakteristiky a z nich určit potřebné hodnoty, musel jsem dopočítat hodnotu $1/a$ pro všechny převodové stupně a spočítat jednotlivé plochy pod křivkami, díky kterým jsem dopočetl dobu jízdy na první převodový stupeň. Abych mohl dopočítat i dobu jízdy pro zbylé převodové stupně, musel jsem z charakteristiky doběhu určit poklesy rychlosti při řazení. Sestrojil jsem časovou charakteristiku rychlosti $V(t)$ a z ní odečetl potřebné hodnoty. Vynesl jsem si závislost $v(t)$ pro všechny převodové stupně, spočítal jednotlivé plochy pod křivkami a dopočetl doby jízdy. Sestrojil jsem časovou charakteristiku dráhy $x(t)$ a z ní odečetl potřebné hodnoty.

V následujícím bodě jsem se věnoval experimentálnímu měření momentu motoru. K vytvoření vlastní metodiky jsem použil podklady pro provádění měření, které jsou součástí návodu k obsluze válcové zkušební stanice MAHA LPS 2000, na které jsem provedl měření. Popsal jsem zde celou zkušebnu a jednotlivé přístroje, které jsou potřeba k měření, podmínky při měření, přípravu před měřením a samotný postup měření.

Provedl jsem 10 měření, která následovala bezprostředně za sebou a trvala přibližně hodinu. Bylo potřeba dosáhnout maximálních hodnot, proto byl motor plně zatížen, čímž došlo ke zvýšené spotřebě paliva a opotřebení pneumatik. Díky přívodu studeného vzduchu k vozidlu vzduchotechnikou se teplota nasávaného vzduchu pohybovala od 22°C do 26°C . Vozidlo při jednom měření najelo přibližně 3km. Po každém měření jsem vytiskl protokol o měření, který jsem oskenoval a přiložil na CD ve zvláštní příloze. Naměřené hodnoty jsem si převedl do tabulek.

Výstupy z protokolů o měření jsem staticky zpracoval a vypočetl standardní nejistotu typu A, typu B a kombinovanou nejistotu pro celé spektrum otáček motoru. Hodnoty byly odečítány v určitých intervalech otáček a z nich jsem dopočetl DMI a HMI. Stejným způsobem jako dříve jsem dopočetl jednotlivé charakteristiky a z nich určil potřebné hodnoty.

Nyní jsem mohl naměřené a vypočtené hodnoty srovnat s výrobcem, který uvádí maximální rychlost vozidla $205 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Z dat výrobce jsem vypočetl maximální rychlost vozidla $192 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a z dat mnou naměřených $198 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. I když při mých výpočtech jsem dosáhl větší měrné hnací síly, dosáhl jsem menší maximální rychlosti. Může to být způsobeno tím, že výrobce počítá s menším součinitelem odporu valení, ale tento údaj neuvádí. Při prostudování jeho materiálů se domnívám, že maximální rychlost neurčil průsečíkem křivky $f(V)$ a křivky měrné hnací síly nejvyššího převodového stupně, tak jako já, ale průsečíkem křivky měrné hnací síly nejvyššího převodového stupně a vodorovné osy značící rychlost, což by odpovídalo $205 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Pokud bych uváděl maximální rychlost tímto způsobem, vypočetl jsem z dat uváděných výrobcem maximální rychlost $208 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a z dat mnou naměřených $215 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Toto by odpovídalo mým výpočtům, že při větším přebytku měrné hnací síly jsem dopočetl vyšší rychlost. Z těchto výsledků usuzuji, že s výrobcem používáme při výpočtech stejné vzorce a přibližně stejný součinitel odporu valení.

V obou výpočtech časů potřebných k dosažení jednotlivých rychlostí a časů potřebných k dosažení jednotlivých vzdáleností mi ve srovnání s výrobcem vyšly vyšší hodnoty. Po prostudování časové charakteristiky rychlosti a časové charakteristiky dráhy uváděné výrobcem se domnívám, že řadil vždy vyšší převodový stupeň v době, kdy dosahoval přebytek měrné hnací síly přibližně maxima, tudíž i při přibližném maximálním zrychlení. Po této hodnotě začal přebytek měrné hnací síly výrazněji klesat, až do maximální rychlosti vozidla. V tomto bodě jsem počítal přerazení já. Při výpočtech jsem využíval po dosažení maximální hodnoty i menší hodnoty přebytku měrné hnací síly, než výrobce, u kterého se domnívám, že využíval jen hodnoty od zařazení rychlostního stupně, až do maximální hodnoty, proto výsledný čas byl větší. Také tomu přispěla skutečnost, že při odečítání hodnot $1/a$ z grafů, mohlo dojít k nepřesnosti odečtení správné hodnoty.

V závislosti výkonu na otáčkách a momentu na otáčkách výrobce uvádí velmi plynulou křivku. Nelze říci, zda ji vzhledově upravil nebo provedl velké množství měření, které tuto křivku vyhladilo. Z mého měření je patrné, že křivka z naměřených

hodnot momentu a přepočtených hodnot výkonu není plynulá v závislosti na otáčkách, ale mění se nepravidelně. Abych dosáhl plynulejších a přesnějších křivek, musel bych provést větší množství měření a musel bych hodnoty odečítat v menších otáčkových intervalech.

Výrobce musí motor nastavit tak, aby splňoval emisní normy a požadavky na spotřebu paliva. Z výsledků měření je zřejmé, že vozidlo splňovalo výkonové i momentové parametry a téměř v celém rozsahu otáček tyto hodnoty převyšovalo. Vozidlo mělo najeto 8 tisíc kilometrů a vzhledem k jeho teoretické životnosti najelo velmi nízký počet kilometrů, což se mohlo projevit na naměřených rozdílech hodnot. Výrobce může uvádět nižší výkon, než ve skutečnosti naměřil, aby dodržel charakteristiky motoru v celém období jeho používání.

Seznam obrázků

Obr. 1 – Škoda Superb.....	13
Obr. 2 – graf závislosti výkonu na otáčkách	15
Obr. 3 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách	17
Obr. 4 – charakteristika měrné hnací síly vozidla $p(V)$	21
Obr. 5 – charakteristika zrychlení vozidla $a(V)$	22
Obr. 6 – kinematická charakteristika (pilový diagram)	22
Obr. 7 – funkce $1/a(v)$ pro I. převodový stupeň.....	24
Obr. 8 – funkce $1/a(v)$ pro II. převodový stupeň	25
Obr. 9 – funkce $1/a(v)$ pro III. převodový stupeň	26
Obr. 10 – funkce $1/a(v)$ pro IV. převodový stupeň	27
Obr. 11 – funkce $1/a(a)$ pro V. převodový stupeň	28
Obr. 12 – funkce $1/a(v)$ pro VI. převodový stupeň	29
Obr. 13 – doba rozjezdu	30
Obr. 14 – graf funkce $1/b(v)$	32
Obr. 15 – charakteristika doběhu.....	33
Obr. 16 – časová charakteristika rychlosti $V(t)$	36
Obr. 17 – průběh $v(t)$ I. převodového stupně + 0,5 s prokluz + 1 s řazení.....	37
Obr. 18 – průběh $v(t)$ II. převodového stupně + 1 s řazení.....	38
Obr. 19 – průběh $v(t)$ III. převodového stupně + 1 s řazení	38
Obr. 20 – průběh $v(t)$ IV. převodového stupně + 1 s řazení.....	39
Obr. 21 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení	40

Obr. 22 – průběh $v(t)$ VI. převodového stupně + 1 s řazení.....	40
Obr. 23 – časová charakteristika dráhy $x(t)$	41
Obr. 24 – válcová zkušebna.....	43
Obr. 25 – komunikační pult s barevnou obrazovkou.....	44
Obr. 26 – dálkové ovládání	44
Obr. 27 – sada válců	45
Obr. 28 – dmýhací zařízení.....	46
Obr. 29 – box rozhraní	47
Obr. 30 – vibrační snímač	47
Obr. 31 – tiskárna.....	48
Obr. 32 – odsávací systém.....	49
Obr. 33 – ventilační systém	49
Obr. 34 – graf závislosti výkonu a točivého momentu na otáčkách	51
Obr. 35 – graf závislosti výkonu na otáčkách	61
Obr. 36 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách	61
Obr. 37 – graf závislosti výkonu na otáčkách s DMI a HMI.....	64
Obr. 38 – graf závislosti točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI.....	64
Obr. 39 – charakteristika měrné hnací síly vozidla $p(V)$	68
Obr. 40 – graf charakteristiky zrychlení vozidla $a(V)$	69
Obr. 41 – kinematická charakteristika (pilový diagram)	69
Obr. 42 – funkce $1/a(v)$ pro I. převodový stupeň.....	70
Obr. 43 – funkce $1/a(v)$ pro II. převodový stupeň	71

Obr. 44 – funkce $1/a(v)$ pro III. převodový stupeň	72
Obr. 45 – funkce $1/a(v)$ pro IV. převodový stupeň	73
Obr. 46 – funkce $1/a(v)$ pro V. převodový stupeň.....	74
Obr. 47 – funkce $1/a(v)$ pro VI. převodový stupeň	75
Obr. 48 – graf funkce $1/b(v)$	77
Obr. 49 – charakteristika doběhu.....	78
Obr. 50 – časová charakteristika rychlosti $V(t)$	81
Obr. 51 – průběh $v(t)$ I. převodového stupně + 0,5 s prokluz + 1 s řazení	82
Obr. 52 – průběh $v(t)$ II. převodového stupně + 1 s řazení.....	83
Obr. 53 – průběh $v(t)$ III. převodového stupně + 1 s řazení	83
Obr. 54 – průběh $v(t)$ IV. převodového stupně + 1 s řazení.....	84
Obr. 55 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení	85
Obr. 56 – průběh $v(t)$ V. převodového stupně + 1 s řazení	85
Obr. 57 – časová charakteristika dráhy $x(t)$	86
Obr. 58 – graf závislosti průměrného výkonu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti výkonu na otáčkách udávaného výrobcem	87
Obr. 59 – graf závislosti průměrného točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti točivého momentu na otáčkách udávaného výrobcem	88
Obr. 60 – charakteristika měrné hnací síly	90

Seznam tabulek

<i>Tab. 1 – hodnoty uváděné výrobcem</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 2 – hodnoty uváděné výrobcem</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 3 – zjištěné hodnoty</i>	<i>13</i>
<i>Tab. 4 – závislost výkonu na otáčkách</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 5 – závislost točivého momentu na otáčkách</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 6 – vypočtené hodnoty při zařazeném I. převodovém stupni</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 7 – vypočtené hodnoty při zařazeném II. převodovém stupni</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 8 – vypočtené hodnoty při zařazeném III. převodovém stupni</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 9 – vypočtené hodnoty při zařazeném IV. převodovém stupni</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 10 – vypočtené hodnoty při zařazeném V. převodovém stupni</i>	<i>20</i>
<i>Tab. 11 – vypočtené hodnoty při zařazeném VI. převodovém stupni</i>	<i>21</i>
<i>Tab. 12 – vypočtená plocha pod křivkou pro I. převodový stupeň</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 13 – vypočtená plocha pod křivkou pro II. převodový stupeň</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 14 – vypočtená plocha pod křivkou pro III. převodový stupeň</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 15 – vypočtená plocha pod křivkou pro IV. převodový stupeň</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 16 – vypočtená plocha pod křivkou pro V. převodový stupeň</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 17 – vypočtená plocha pod křivkou pro VI. převodový stupeň</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 18 – vypočtená doba jízdy na I. převodový stupeň</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 19 – závislost funkce $1/b$ (v)</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 20 – hodnoty potřebné k sestrojení charakteristiky doběhu</i>	<i>33</i>
<i>Tab. 21 – vypočtená doba jízdy na II. převodový stupeň</i>	<i>34</i>

Tab. 22 – vypočtená doba jízdy na III. převodový stupeň	35
Tab. 23 – vypočtená doba jízdy na IV. převodový stupeň	35
Tab. 24 – vypočtená doba jízdy na V. převodový stupeň	35
Tab. 25 – vypočtená doba jízdy na VI. převodový stupeň	35
Tab. 26 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro I. převodový stupeň	37
Tab. 27 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro II. převodový stupeň	38
Tab. 28 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro III. převodový stupeň	39
Tab. 29 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro IV. převodový stupeň	39
Tab. 30 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro V. převodový stupeň	40
Tab. 31 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro VI. převodový stupeň	40
Tab. 32 – výsledné hodnoty	41
Tab. 33 – parametry sady válců	45
Tab. 34 – počáteční otáčky motoru pro jednotlivá měření	52
Tab. 35 – koncové otáčky motoru pro jednotlivá měření	52
Tab. 36 – závislost výkonu na otáčkách pro 1. – 5. měření	52
Tab. 37 – závislost výkonu na otáčkách pro 6. – 10. měření	53
Tab. 38 – závislost točivého momentu na otáčkách pro 1. – 5. měření	54
Tab. 39 – závislost točivého momentu na otáčkách pro 6. – 10. měření	55
Tab. 40 – závislost maximálního výkonu a maximálního točivého momentu	55
Tab. 41 – závislost průměrného výkonu a průměrného točivého momentu na průměrných otáčkách	60
Tab. 42 – nejistota typu A, typu B a kombinovaná nejistota pro výkon a točivý	

<i>moment</i>	62
Tab. 43 – <i>dolní a horní meze intervalu pro výkon a točivý moment</i>	63
Tab. 44 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném I. převodovém stupni</i>	65
Tab. 45 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném II. převodovém stupni</i>	66
Tab. 46 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném III. převodovém stupni</i>	66
Tab. 47 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném IV. převodovém stupni</i>	67
Tab. 48 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném V. převodovém stupni</i>	67
Tab. 49 – <i>vypočtené hodnoty při zařazeném VI. převodovém stupni</i>	68
Tab. 50 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro I. převodový stupeň</i>	70
Tab. 51 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro II. převodový stupeň</i>	71
Tab. 52 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro III. převodový stupeň</i>	72
Tab. 53 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro IV. převodový stupeň</i>	73
Tab. 54 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro V. převodový stupeň</i>	74
Tab. 55 – <i>vypočtená plocha pod křivkou pro VI. převodový stupeň</i>	75
Tab. 56 – <i>vypočtená doba jízdy na I. převodový stupeň</i>	76
Tab. 57 – <i>závislost funkce $1/b$ (v)</i>	77
Tab. 58 – <i>hodnoty potřebné k sestrojení charakteristiky doběhu</i>	78
Tab. 59 – <i>vypočtená doba jízdy na II. převodový stupeň</i>	79
Tab. 60 – <i>vypočtená doba jízdy na III. převodový stupeň</i>	80
Tab. 61 – <i>vypočtená doba jízdy na IV. převodový stupeň</i>	80
Tab. 62 – <i>vypočtená doba jízdy na V. převodový stupeň</i>	80
Tab. 63 – <i>vypočtená doba jízdy na VI. převodový stupeň</i>	80

Tab. 64 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro I. převodový stupeň	82
Tab. 65 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro II. převodový stupeň	83
Tab. 66 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro III. převodový stupeň	84
Tab. 67 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro IV. převodový stupeň	84
Tab. 68 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro V. převodový stupeň	85
Tab. 69 – vypočtené hodnoty závislosti $x(t)$ pro VI. převodový stupeň	86
Tab. 70 – výsledné hodnoty	86
Tab. 71 – graf závislosti průměrného točivého momentu na otáčkách s DMI a HMI a závislosti točivého momentu na otáčkách udávaného výrobcem	89

Seznam použité literatury

- [1] Materiály firmy ŠKODA AUTO a.s.
- [2] MATĚJKA, R. Vozidla silniční dopravy I, Bratislava: ALFA Bratislava, 1990, 224s. ISBN 80-05-00392-7
- [3] Návod k obsluze, Válcová zkušební stanice funkcí a výkonu LPS 2000, fa MAHA Consulting s.r.o., 1. vydání, 1996, 64s.
- [4] SZLOSEK, M. Ověření rychlostních charakteristik vybraných osobních automobilů: diplomová práce. Ostrava VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 90s. Vedoucí práce: Richtář, M.

Přílohy

K práci je přiložené CD s uloženým textem diplomové práce a zvláštní přílohou, ve které jsou oskenované všechny protokoly o měření.